N° 18 31 DÉCEMBRE 1938

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1910).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).

DIRECTEUR :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Th. Mortensen. Monographie des Echinides.

Sous ce titre l'éminent échinologue danois Th. Mortensen a entrepris une œuvre d'importance considérable. Son but est l'exposé complet des connaissances actuelles en Echinologie, aussi bien pour les formes fossiles que pour les formes vivantes. Dans cet ouvrage toutes les espèces actuelles, si importantes pour la Classification, se trouvent minutieusement étudiées suivant l'ordre ci-après : morphologie, structure du test, radioles, pédicellaires, coloration, biologie, variétés et espèces affines, répartition géographique et bathymétrique, remarques critiques. En ce qui concerne les nombreuses formes fossiles chaque genre se trouve accompagné de la diagnose suivie de l'indication de la répartition stratigraphique, du génotype et des principales espèces, enfin d'un exposé historique et critique. L'illustration, particulièrement abondante et soignée, est tout à fait remarquable. Chaque volume de texte, format grand in-quarto, orné de nombreuses figures (dessins par l'auteur et reproduction de figures originales, notamment celles concernant tous les genres fossiles) est accompagné d'un atlas de magnifiques planches en phototypie représentant les formes actuelles et les pédicellaires.

L'ouvrage en cours de publication, honoré de l'aide subsidiaire du gouvernement danois et d'une subvention très généreuse de la grande Fondation Carlsberg, est luxueusement édité.

Suivant le plan de l'auteur, *A Monograph of the Echinoidea* doit comprendre les cinq volumes suivants : I. *Cidaroidea*. II. *Bothriocidaroidea*, *Melonechinoida*, *Lepidocentroida*, *Stirodonta*. III. *Aulodonta* (Diadematides et Pédinides) *Camarodonta*, Temnopleurides, Echinides, Toxopneustides, Echinometrides. IV. Clypéastrides et Holectypoïdes. V. Spatangides. Un aperçu des deux premiers volumes est l'objet du présent article. Le troisième volume est actuellement en cours d'impression.

I. *Cidaroidea* [1]. Dès l'introduction M. Mortensen déclare ne pouvoir accepter, ni la classique division, toute artificielle à son avis, en Paléchinides et Euéchinides, ni les classifications plus récentes établies par Bather, Jackson, Lambert et Thiéry. Réservant en fin de l'ouvrage ses conclusions générales concernant la Morphologie et la Classification, l'auteur aborde le problème de l'origine des Echinides.

Suivant M. Mortensen, *Bothriocidaris* n'est pas un véritable Echinide et représente apparemment un rameau particulier des Cystidés diplopores (famille des Protocrinidés) sans aucun descendant. Son développement a été parallèle à celui des Echinides mais il s'agit d'une véritable convergence.

L'ancêtre des Echinides doit être recherché parmi les plus anciens Edricasteridés dont les nombreuses plaquettes interambulacraires n'ont pas d'ordre défini, ce qui est la disposition primitive. La réduction du nombre de ces plaques, leur rangement en séries régulières de moins en moins nombreuses, se poursuivent ensuite graduellement. Vers la fin de l'époque primaire et jusqu'à l'époque actuelle subsistent seule-

1. *A Monograph of the Echinoidea.* Th. MORTENSEN. Vol. I. Texte, grand in-4°, 549 p., 173 fig. et Atlas gr. in-4°, 88 pl. Copenhagen. C. A. Reitzel publisher. London. Humphrey Milford Oxford, University Press, 1928.

ment, sauf quelques rares exceptions (*Tetracidaris*, *Sperosoma*, *Tiarechinus*, *Pygmocidaris*), deux séries de plaquettes interambularraires. Ainsi l'alignement de ces plaques en plusieurs séries longitudinales, chez les formes paléozoïques, constitue un terme de passage entre l'ancêtre du Cambrien et les formes post-paléozoïques.

Les Archæoridaridés représentent, à son avis, le stock ancestral des Cidaridés tandis que les Lépidocentridés sont les ancêtres des Echinothuridés et des Diadematidés.

L'étude des *Cidaroidea* débute par des renseignements concernant leur Morphologie (forme et dimensions du test, ambulacres, interambulacres, appareil apical, péristome, radioles primaires et secondaires, pédicellaires, pieds buccaux et spicules), l'anatomie, la coloration, le développement embryonnaire et postembryonnaire.

M. Mortensen [2] fait ensuite un exposé critique des diverses classifications modernes relatives aux Cidaroidea : en 1883 Pomel (Classification méthodique et générale des Echinides vivants et fossiles), en 1887 Döderlein (Die japanischen Seeigel I Cidaridæ u. Salenidæ), en 1889 Duncan (Revision of the genera and great Groups of the Echinoidea), en 1900 Lambert (Etude sur quelques Echinides de l'Infralias et du Lias), J. W. Gregory (in Ray Lankester. A Treatise of Zoology III Echinoderms), en 1903 Th. Mortensen (The Danish Ingolf Expedition), en 1904 de Meijere (Die Echinoidea der Siboga-Expedition), Agassiz (Panamic Deep sea Echini), en 1907 Agassiz et H. L. Clark (Hawaian and other Pacific Echini I Cidaridæ), H. L. Clark (The Cidaridæ), en 1909 Lambert et Thiéry (Notes Echinologiques I Sur le genre Cidaris), en 1910 Lambert et Thiéry (Essai de Nomenclature raisonnée des Echinides).

M. Mortensen répond aux critiques formulées contre sa propre classification principalement basée sur les caractères des pédicellaires, adoptée par de Meijere et Döderlein, rejetée par Agassiz et Clark puis par Lambert et Thiéry. Dans sa pensée, la Classification naturelle n'est pas exclusivement basée sur les pédicellaires mais aussi sur l'étude comparée et approfondie de l'ensemble des caractères macroscopiques et microscopiques. Il est évidemment regrettable qu'on ne puisse généralement employer les pédicellaires pour le classement des formes fossiles mais, heureusement, un très grand nombre d'Echinides fossiles, surtout parmi les Irréguliers, se trouvent fort bien caractérisés par la structure du test. Les pédicellaires sont particulièrement importants pour la classification des *Camarodonta* et des *Cidaroidea* dont la structure est généralement très uniforme tandis qu'ils sont parfaitement caractérisés par les pédicellaires et les radioles; toutefois on peut classer un certain nombre de formes d'après les caractères de structure du test ou ceux des radioles.

En résumé, les caractères importants en classification sont, pour lui, les suivants : disposition et arrangement des pores ambulacraires, nombre des séries de plaques interambulacraires, imbrication des plaques coronales chez les Archæocidaridés, plaques taillées en biseau chez les anciens Cidaridés proprement dits, forme, structure, présence ou absence d'un chevelu cortical caractéristique en ce qui concerne les radioles primaires et secondaires des Cidaridés, pédicellaires pouvant servir à caractériser espèces, genres ou même sous-familles.

Les principaux caractères d'importance secondaire, générique ou spécifique sont : la disposition oblique des pores, le dédoublement des rangées de pores, la présence de tubercules dans la zone interporifère ambulacraire, les tubercules interambulacraires crénelés ou lisses, les tubercules primaires perforés ou imperforés, la disposition et la grosseur des tubercules secondaires, les scrobicules non confluents ou plus ou moins confluents, les impressions, fossettes ou sillons que peuvent présenter les plaques ou leurs sutures, l'appareil apical mono ou dicyclique, la dimension de la plaque madréporique, celle de l'appareil apical relativement au péristome, la collerette et anneau des radioles, les processus internes des assules ambulacraires du péristome, enfin la coloration.

Parmi tous ces caractères, les plus primitifs paraissent être les suivants : pores non conjugués, obliques, étroitement séparés ou confluents, tubercules crénelés, radioles primaires sans chevelu cortical, radioles secondaires spiniformes, pédicellaires dont l'ouverture subterminale a une structure simple.

Tous les auteurs récents sont d'accord pour considérer les Archæocidaridés comme formant une famille distincte que M. Mortensen préfère rattacher à l'ordre des *Cidaroidea*, tandis que, pour Jackson, ils constituent l'ordre des *Perischoechinoidea*.

Suivant Gregory, les genres *Tetracidaris* et *Diplocidaris*, caractérisés par le dédoublement des séries de pores, constituent une famille à part, les *Diplocidaridæ*.

Un autre groupe bien caractérisé est celui des *Streptocidaridæ*, Lambert comprenant les formes à plaques interambulacraires imbriquées ou obliquement articulées.

M. Mortensen, constatant qu'il semble impossible d'instituer un groupement naturel des Cidaridés récents et fossiles en utilisant seulement les caractères fournis par la structure du test, les tubercules crénelés ou incrénelés, les pores conjugués ou non conjugués, tente un classement plus naturel basé sur l'étude des formes actuelles plus complètement connues et examine la possibilité de rattacher quelques formes fossiles à l'un ou l'autre des groupes des Cidaridés récents.

1° Dans le groupe *Histocidaris* doivent très probablement rentrer plusieurs espèces fossiles rapportées par Lambert et Thiéry au genre *Plegiocidaris*;

2. Rappelant que H. L. Clark en 1907, puis Lambert et Thiéry en 1909, ont donné l'historique très complet de la classification des Cidaridés, M. Mortensen déclare ne pouvoir accepter comme valables les figurations défectueuses dans les ouvrages antérieurs à Linné.

il est possible que certaines soient les ancêtres directs d'*Histocidaris*.

2° En ce qui concerne le groupe *Stereocidaris* et *Goniocidaris*, de nombreuses espèces actuelles peuvent exceptionnellement se rapporter à *Stereocidaris* Pomel, genre établi pour des espèces fossiles. Il est douteux que le genre fossile *Typocidaris* soit réellement distinct de *Stereocidaris*. D'autre part, *Temnocidaris* Cott. est très voisin de *Stereocidaris*. Aucun genre fossile ne peut s'apparenter précisément à *Goniocidaris*.

3° Il est fort probable que les véritables ancêtres du groupe *Cidaris-Stylocidaris-Prionocidaris* se trouvent parmi les espèces fossiles rapportées par Lambert et Thiéry aux genres *Cidaris* et *Dorocidaris*. On ne peut, toutefois, se baser sur les seuls caractères du test pour préciser quelles sont les espèces fossiles se rapportant aux formes actuelles.

5° Le groupe *Phyllacanthus-Chondrocidaris* s'apparente vraisemblablement à des espèces fossiles des genres *Rhabdocidaris*, *Leiocidaris*, *Aulacocidaris*. *Chondrocidaris* semble rappeler par ses radioles primaires, certaines espèces de *Rhabdocidaris*, bien que ses tubercules soient incrénelés mais on sait que les tubercules lisses indiquent un développement plus évolué; les pores sont, d'ailleurs conjugués chez ces deux genres. — *Balanocidaris* peut être comparé à *Eucidaris* qui présente également des radioles primaires de grosse taille, clavelés ou glandiformes. *Tylocidaris* et *Sardocidaris*, caractérisés par leurs tubercules imperforés, constituent un rameau à part et n'ont pas de relation avec les formes récentes. *Porocidaris*, caractérisé par ses fossettes scrobiculaires et ses pores conjugués est très différent d'*Histocidaris*. *Procidaris* est un genre qui présente des tubercules ambularraires marginaux perforés; comme *Porocidaris*, c'est un genre éteint. — Les autres genres fossiles ne s'apparentent pas aux formes récentes.

Pour M. Mortensen, l'ordre des *Cidaroidea* comprend deux familles :

1° *Archæocidaridæ* M'Coy avec deux genres *Archæocidaris* M'Coy et *Nortonechinus* Thomas;

2° *Cidaridæ* Gray divisés en trois sous-familles : *a*) *Streptocidarinæ* Lambert, avec cinq genres; *b*) *Stereocidarinæ* Lambert, avec sept groupes, *c*) *Diplocidarinæ* J. W. Gregory comprenant les deux genres fossiles *Diplocidaris* Desor et *Tetracidaris* Cotteau.

Après la partie descriptive et monographique proprement dite qui comprend 465 pages, le premier volume se termine par un tableau indiquant pour chaque espèce actuelle la répartition géographique et la distribution bathymétrique.

Viennent ensuite des considérations générales sur les Cidaridés actuels et fossiles. Parmi ces derniers six cents espèces ont été décrites du Mésozoïque d'Europe, les Cidaridés ayant atteint l'apogée de leur développement durant le Jurassique et le Crétacé. Leur nombre décroît graduellement à l'époque Tertiaire et se réduit actuellement à quelques espèces dans l'Atlantique tandis qu'on en compte encore environ deux cent espèces dans l'Indo-Pacifique. Certains types fossiles ne sont plus représentés actuellement tandis que d'autres sont encore florissants. Ce fait est dû aux changements des conditions de milieu, notamment au refroidissement des eaux de l'Atlantique. Il faut aussi noter que l'apparente richesse en Echinides des dépôts mésozoïques européens est due à leur étude plus poussée tandis que, dans les Etats-Unis, les dépôts paléozoïques ont fait l'objet d'études beaucoup plus complètes. En conclusion, l'examen de la répartition géographique comparée des Cidaridés actuels fait apparaître que les formes récentes véritablement abyssales sont très rares; elles se rencontrent fort nombreuses par des profondeurs de 200 à 1.000 mètres (zone archibenthale), particulièrement dans l'océan Indo-Pacifique.

II. *Bothriocidaroida*, *Melonechinoida*, *Lepidorentroida*, and *Stirodonta*[3]. — Dans ce second volume il est traité tout d'abord de la sous-classe des *Pseudoechinoidea* avec un seul ordre, *Bothriocidaroida*[4] Duncan, comprenant toutes les formes paléozoïques à l'exception des Archæcidaridés.

L'auteur aborde ensuite la sous-classe des *Echinoidea vera* Mortensen, réguliers ou irréguliers, avec deux ou plusieurs séries de plaques interambulacraires, donc au moins vingt rangées méridiennes de plaques, ou bien avec des plaques interambulacraires disposées en séries régulières. Les ambulacres se terminent toujours près du péristome par une paire de plaques porifères. Le madréporite est situé dans l'une des plaques génitales interradiales.

Les caractères structuraux particulièrement importants pour leur classification sont : 1° Les divers emplacements du péristome et du périprocte. 2° La présence ou l'absence d'appareil masticatoire, les deux épiphyses de chaque pyramide se joignant à leur partie supérieure, formant le grand foramen ou bien ne se joignant pas et laissant ouvert ce foramen[5]. 3° La présence ou l'absence de branchies. 4° Les plaques imbriquées ou non imbriquées. 5° Les rangées ambulacraires se continuant sur le péristome ou se terminant aux abords de celui-ci. 6° Les radioles primaires avec ou sans couche externe (cortex), présentant une cavité centrale ou un axe central réticulé. 7° Les pédicellaires et les sphérides.

Par contre l'anatomie interne très uniforme ne fournit pas des caractères très importants pour la Classification, ce qui permet heureusement de classer avec certitude les formes fossiles, excessivement nombreuses, d'après leur structure. Dans plusieurs groupes, notamment chez les Cidaroidés et les Cama-

---

3. *A Monograph of the Echinoidea* by. Th. MORTENSEN. Vol. II. Texte grand in-4°, 643 p., 377 fig. et Atlas gr. in-4°, 89 pl. Copenhagen C. A. Reitzel publisher. London Humphrey Milford. Oxford University Press, 1935.

4. M. MORTENSEN a soin de rappeler les raisons pour lesquelles il ne peut admettre que *Bothriocidaris* soit le véritable ancêtre des Echinides.

5. R. T. JACKSON obtient ainsi pour les Echinides réguliers (sauf les Cidaridés et les Holothuridés) les trois ordres suivants : 1° *Aulodonta* (dents carénées, foramen ouvert) 2° *Stirodonta* (dents carénées, foramen ouvert) ; 3° *Camarodonta* (dents carénées, foramen fermé).

rodontidés, la structure des pédicellaires est très importante pour la Classification; malheureusement les pédicellaires ne sont qu'exceptionnellement conservés chez les fossiles. Il faut donc examiner les caractères fournis par l'appareil masticatoire assez souvent conservé afin de classer correctement, par exemple, certains Acrosalénidés, Hémicidaridés, Pseudodiadématidés parmi les *Aulodonta*, les *Stirodonta* ou les *Camarodonta*.

Les *Perischoechinoidea* M'Coy, comprenant toutes les formes paléozoïques (*Palechinoidea* Zittel) sont répartis par M. Mortensen en trois ordres[6] :

1° *Cidaroida*, groupant Achæocidaridés et Cidaridés (voir le tome I);

2° *Melonechinoida*, plaques multisériées, non imbriquées, tubercules et radioles petits, homogènes.

3° *Lepidocentroida*, comprenant Lepidocentridés et Echinothuridés : plaques multipliées imbriquées adoralement, tubercules et radioles de dimensions généralement différentes.

Les *Melonechinoida* Mortensen constituent la famille des *Palæechinidæ* M'Coy comprenant cinq genres dont un tableau donne les principaux caractères. Ce tableau est précédé de considérations touchant leur morphologie, leur biologie, leur répartition stratigraphique, leurs affinités.

Pour chaque genre la reproduction dans le texte de figures originales accompagne la diagnose suivie de l'indication du genotype.

Les *Lepidocentroida* Mortensen comprennent deux familles : 1° Les *Lepidocentridæ* Loven, tous fossiles (Ordovicien à Permien d'Amérique et d'Europe) présentant plus de deux rangées de plaques interambulacraires; dix-neuf genres. 2° Les *Echinothuridæ* Wyv. Thomson, avec deux rangées seulement de plaques interambulacraires, du Jurassique à l'époque actuelle, se répartissent entre quatre sous-familles : *a*) *Pelanechinæ* Groom (un seul genre fossile); *b*) *Kamptosominæ* Mortensen (un seul genre actuel); *Phormosominæ* Mortensen (trois genres actuels); *d*) *Asthenosominæ* Mortensen (sept genres actuels).

L'ordre descriptif est celui précédemment observé pour les *Melonechinoida*. De nombreuses illustrations dans le texte et un atlas de magnifiques planches accompagnent pour chaque genre la description des espèces, y compris des détails concernant l'anatomie interne ainsi que le développement embryonnaire et port-embryonnaire pour les formes actuelles.

Parmi les « incertæ sedis » M. Mortensen crée une famille, *Heterocidaridæ* Mortensen, pour le genre *Heterocidaris* Cott. successivement classé par les auteurs avec les Cidaridés, les Diadematidés, les Pseudodiadematidés. — Quant au genre *Serpianotiaris* Jeannet, considéré comme sous-genre de *Miocidaris*, il est impossible de préciser actuellement sa véritable position systématique.

L'ordre des *Stirodonta* Jackson, principalement caractérisé par la présence de dents, les épiphyses de la lanterne non soudées laissant ouvert le foramen, comprend, suivant M. Mortensen, deux sous-ordres : 1° *Calycina* Gregory; 2° *Phymosomina* Mortensen. — Les *Calycina* sont divisés en deux familles : *a*) *Acrosalenidæ* Gregori (du Lias au Cénomanien trois genres[7]); *b*) *Saleniidæ* L. Ag., avec deux sous-familles *Hyposaleninæ* Mortensen (du Séquanien au Sénonien quatre genres) et *Saleninæ* Mortensen (du Crétacé à l'époque actuelle, six genres).

Les *Phymosomina* Mortensen comprennent six familles :

1° *Hemicidaridæ* Wright de l'Hettangien au Cénomanien, dix genres);

2° *Pseudodiadematidæ* Pomel (du Rhétien au Cénomanien-Turonien, douze genres);

3° *Phymosomatidæ* (Pomel) Meissner (du Lias à l'époque actuelle, dix-huit genres);

4° *Stomopneustidæ* Mortensen (du Lias moyen à l'époque actuelle, quinze genres);

5° *Tiarechinidæ* Gregory (Trias de Saint-Cassian, deux genres);

6° *Arbaciidæ* Gray (du Bathonien à l'époque actuelle, quinze genres fossiles et huit genres actuels).

J. Cottreau.

6. Les *Bothriocidaroida* constituent une sous-famille à part, *Pseudoechinoidea* Mrtsn.

7. Parmi les « Incertæ sedis sont rangés les genres *Eosalenia* Lamb. et *Recrosalenia* Currie.

REVUE DE PÉDOLOGIE

La création d'une nouvelle science naturelle devient inévitable, quand l'objet d'étude (l'individu ou le processus) a reçu déjà une caractéristique typique applicable à la grande quantité des objets semblables, et quand cette étude a posé des problèmes nouveaux, pour la résolution desquels les savants spécialistes proposent déjà un complexe spécial et nouveau des méthodes.

Cette nouvelle science doit être introduite dans la classification générale contemporaine.

Dans notre article nous tâcherons d'exposer les bases, les méthodes et les buts de la *Pédologie*, nouvelle science qui se développe si vite ce dernier temps.

Vers 1820, le grand Humboldt a fait accepter la doctrine, selon laquelle les facteurs géographiques n'influent pas sur la constitution minéralogique et pétrographique de l'écorce terrestre. Mais ce savant ne voyait pas que des exceptions à cette règle, vraie dans l'ensemble, s'imposent et tout d'abord qu'elle ne s'appliquent pas aux *sols*.

Cette défaillance de Humboldt est d'autant plus étonnante que dans ses voyages il a observé les Tchernozems et les Latérites et devait, probablement, avoir connaissance qu'au début du XIX[e] siècle BUCKANAN-HAMILTON établissait que les sols tropicaux et subtropicaux ont une répartition géographique.

Mais pour l'époque, ces idées étaient très avancées. C'était la période de triomphe de la géologie et les savants, qui s'y sont adonnés, étudiaient les puissantes couches de terrains et ne prêtaient pas attention aux sols, à ces formations superficielles qui paraissaient si insignifiantes. D'aurtes savants, les agronomes, considéraient le sol en tant que « sol arable », en tant qu'un milieu où se développent les plantes cultivées et qu'il faut savoir utiliser de manière à obtenir les meilleurs rendements. Le sol en lui-même ne les intéressait pas ; presque jamais ils n'ont dépassé l'étude du *sol arable*. L'idée même n'existait pas d'une transformation progressive et obéissant à des lois spéciales, par laquelle la roche-mère donne naissance au sol et qui détermine la morphologie de celui-ci, sa coupe verticale, son « *profil* », comme disent les pédologues.

Le sol, en tant qu'une formation indépendante, en tant qu'un corps naturel spécial, n'était même pas soupçonné à cette époque (le commencement du XIX[e] siècle).

Un peu plus tard (1830-1870) quelques savants comprenaient déjà, les autres pressentirent seulement que le sol est un corps naturel spécial, mais cette notion était tellement vague, que souvent ces savants nommaient « sol » les alluvions de dizaines de mètres d'épaisseur (FALLOU); le rôle des organismes dans la formation du sol était par eux presque complètement ignoré. C'est seulement BERENDT (1877) qui a corrigé plus ou moins ces défauts, mais même lui n'avait aucune idée que la répartition des différents types des sols sur la surface terrestre empreint la répartition zonale des climats.

Lorsqu'en 1833 le gouvernement saxon, en recherchant une base d'imposition foncière plus équitable, a fait établir une carte des sols, envisagés au point de vue de leurs propriétés naturelles et a voulu établir une classification naturelle des sols, sa tentative n'a pas été couronnée de succès parce que le pays de Saxe était trop petit pour que les observateurs encore inexpérimentés, y puissent saisir les différences géographiques de la nature des sols.

Un résultat tout à fait différent a donné la carte cadastrale des sols de la Russie, établie par Vesclovski à Saint-Pétersbourg en 1849, d'après une enquête parmi les agriculteurs. Cette carte fut révisée par TCHASLAVSKI en 1879, trente ans après. Malgré l'absence d'une base scientifique, elle donne des indications utiles sur la distribution géographique des sols, mais, lorsque ce travail a été repris, sur la base de recherches personnelles, par DOKOUTCHAIEV et ses élèves (1890), la distribution géographique zonale des types des sols est apparue avec évidence, grâce à la doctrine pédologique de DOKOUTCHAIEV, établie à la suite d'une étude longue et détaillée du « Tchernosem » (1883). D'après M. VERNADSKI, minéralogiste bien connu et élève de DOKOUTCHAIEV, le « Tcherno-

sem » a joué dans l'histoire de la pédologie le même rôle que la Grenouille en Physiologie, la calcite en Cristallographie, le benzol en Chimie organique.

L'apparition du mémoire de Dokoutchaiev sur le « Tchernosem russe » (1883) a ouvert une nouvelle époque dans la science du sol.

Presque en même temps, le célèbre voyageur, géographe et géologue allemand F. von Richthoffen, a donné la synthèse de ses longues et très intéressantes observations sur les sols mondiaux, dans son ouvrage « Führer für die forchungsreisende », paru en 1886. La synthèse de Richthoffen, de même que celle de Dokoutchaiev portait sur la distribution *zonale* des différents types des sols et sur leur genèse. Mais Richthoffen n'a pas donné la définition nette du sol et parfois nommait « sol » les roches friables qui se formaient par les processus purement géologiques ; absorbé par d'autres problèmes, il n'a pas su (ou n'a pas voulu) développer les règles d'une exploration détaillée et organisée du sol et n'a pas su intéresser d'autres savants à cette étude.

Dokoutchaiev, dès ses premiers pas, a défini clairement le sol comme un corps naturel « sui generis », a créé le complexe des méthodes d'étude de ce corps et a enthousiasmé une cohorte de jeunes collaborateurs ; ainsi se formait une nouvelle science — *La Pédologie.*

***

Qu'est-ce que la Pédologie et qu'est-ce que son objet — le sol ?

Définition. Genèse du sol. — Le *sol* est une couche superficielle de terre ferme, plus ou moins tendre et friable, résultant de la décomposition et de la transformation de la roche-mère sous-jacente sous l'effet des agents physico-chimico-biologiques. Cette couche superficielle est un corps tout à fait différent de sa roche-mère. Il se différencie de cette dernière non seulement par sa structure, mais aussi par sa composition physico-chimique et minéralogique ; dans le sol, à côté des débris plus ou moins décomposés de la roche-mère, se trouvent et les minéraux séparés de cette roche et les minéraux nouveaux, formés pendant la décomposition de la roche-mère : kaolinite, hydrargilite, bauxite, turjite, bowlingite, différents alumino-silicates mal déterminés, et les solutions des différents sels simples et suspensions colloïdales de composition chimique extrêmement compliquée et instable. Dans ce milieu vit, pullule et meurt une énorme quantité de divers microbes, ainsi que des plantes et des animaux macroscopiques (vers de terre, fourmis, termites, autres insectes et leurs larves, marmottes et autres animaux fouisseurs).

Le sol est un corps créé par la rencontre de deux mondes : le monde minéral et le monde vivant. Ce dernier, par les processus bio-chimiques causés par la vie et la mort de tous ces organismes, avec l'aide des agents atmosphériques (les eaux atmosphériques, les variations de température, les vents, etc...), transforme peu à peu la couche superficielle de la roche en ce corps nouveau, qui est le « *sol* ».

Tous ces processus dont le sol est le siège, y provoquent le déplacement des solutions diverses et des suspensions colloïdales, et créent ainsi non seulement la structure du sol, mais aussi sa vie : le sol vit, si ces processus s'accomplissent ; le sol meurt, quand ils cessent.

Tous ces processus bio-chimiques de la vie du sol créent, sous les différents climats, les différentes structures et les différentes couleurs des différents horizons verticaux des sols. Cette structure et cette coloration donnent déjà des renseignements morphologiques précis sur le caractère de la formation du sol, sur son *type.*

Cette nouvelle conception a créé, il y a une cinquantaine d'années, une nouvelle science, *la « Pédologie »* (provient des mots grecs : « πέδον » — sous-sol et « λογος »). En langues russe et allemande il y a des mots qui peuvent remplacer le mot « pédologie », mais les termes français : « La science du sol » et « La dynamique du sol » ne sont pas synonymes de la Pédologie. La première est plus large, et la deuxième plus étroite que celle-ci.

La Pédologie naquit, quand le professeur Dokoutchaiev, en étudiant les sols de l'immense plaine russe, démontra que le sol est un corps naturel, complètement différent d'un minéral, d'une roche, d'une plante, d'un animal, et que ni ses propriétés, ni sa genèse, ni son évolution ne se confondent avec celles des autres corps appartenant aux trois règnes de la nature (1879-1883).

Le pédologue étudie la structure des sols, leurs horizons verticaux, successifs, leurs compositions physico-chimiques, leurs propriétés physiques, leurs flore et leur faune. Cette étude donne aux pédologues les bases pour éclaircir la vie du sol étudié, sa genèse et trouver sa place dans la classification génétique des sols.

C'est Dokoutchaiev qui, le premier, a développé cette conception et l'a mise à l'origine de toutes les études sur les sols de la Russie. C'est lui qui a montré que les recherches pédologiques doivent commencer par l'étude sur place de la « structure » et de la « coloration » des couches superposées d'un sol. C'est lui qui a montré aussi que, si c'est la roche-mère qui donne le matériel pour la formation d'un sol, ce n'est pas elle qui

détermine l'apparition de l'un ou l'autre « type », c'est avant tout le « *climat* ». C'est encore Dokoutchaiev qui a montré qu'une même roche, — le granite, par exemple, — donne sous différents climats des types de sols différents et que des roches différentes, soumises au même climat, donnent des sols d'un même type. Il a reconnu, par ex., que, dans la zone des steppes, les Tchernosems, se forment aussi bien sur le lœss et la craie que sur le granite. Mais les tchernosems qui se sont formés sur ces différentes roches-mères, conservent dans leur structure et leur composition chimique, quelques différences de second ordre.

***

Méthodes d'observation. Structure et horizons. — Dokoutchaiev et ses élèves ont élaboré la méthode d'étude sur place de l'architecture et de la structure du sol.

Il convient tout d'abord de rechercher les coupes naturelles ou excavations artificielles faites, par exemple, pour les constructions des lignes de chemin de fer, des bâtiments, des fosses d'irrigation, des forages et des puits, etc... Mais ces occasions étant relativement rares, on est obligé, dans la plupart des cas, de creuser soi-même des trous plus ou moins profonds. Il faut creuser jusqu'à ce que la teinte donnée au sol par l'humus disparaisse complètement, jusqu'à l'apparition de la roche-mère non modifiée. Cette profondeur est très variable suivant les pays et les sols; elle atteint quelquefois un mètre et demi et même deux mètres, par exemple, dans certains Tchernosems russes. Ce premier travail effectué, on peut se livrer à l'examen de « L'Architecture » du sol. Cette architecture est généralement compliquée. En premier lieu, on établit la division du sol, en « *horizons* », que l'on désigne par des lettres A, B, C. Dans nos descriptions des profils des différents types des sols, nous verrons l'importance de ces divisions.

L'architecture du sol et la répartition des horizons à humus *A* et *B*, ainsi que de toutes les taches, amas, couches, sont conditionnées par les processus de formation du sol, lesquels dépendent des circulations dans le sol même et dans le sous-sol (C) des solutions aqueuses, des suspensions colloïdales et de l'air, ainsi que de l'activité des organismes qui s'y sont installés. Ces phénomènes cessent à telle ou autre profondeur — on rencontre ici la roche-mère intacte (D) qui se distingue ainsi du sous-sol (C) qui lui est immédiatement superposé.

Les sols-types vierges sont caractérisés par leur structure : par exemple, les « Tchernosems » offrent souvent des grains de la grosseur d'un pois; les « sols gris des forêts », de composition argileuse, montrent à une certaine profondeur (horizon B), une structure en « noisette »; on remarque également une structure « feuilletée » dans l'horizon B des « podzols » et dans l'horizon A de quelques sols désertiques et salants; enfin, dans les couches supérieures des « latérites », on observe souvent une structure cellulaire ou spongieuse.

La *couleur* des horizons du sol est un indice morphologique important.

Dans l'horizon superficiel, la couleur dépend le plus souvent de l'humus et parfois aussi des hydroxydes de fer et de manganèse. Les substances de « l'humus » communiquent aux sols différentes teintes noires, grises ou brunes; les hydroxydes de fer teintent le sol en brun, rouge-brun, jaune, rouge et rarement violet; les différents hydroxydes de fer par leurs combinaisons donnent à certains horizons des colorations verdâtres et bleuâtres; enfin, les oxydes de manganèse teintent le sol en noir intense et parfois en brun.

Il est inutile d'insister sur l'intime liaison qui doit exister entre l'étude des sols d'une région et les caractères géologiques et géophysiques de cette région : une étude complète de sols doit être accompagnée (mieux encore précédée) d'une description géologique et géophysique de la région intéressée.

***

L'édaphone et l'étude physico-chimique du sol.

Le sol, dans ses conditions naturelles, présente un système de trois phases : solide, liquide et gazeuse. La phase « solide » consiste en parties minérales et organiques (l'humus); la phase liquide comprend les solutions du sol et les suspensions colloïdales; la phase gazeuse, — l'air du sol; enfin les différents organismes, tels que les bactéries, les champignons, les protozoaires, etc..., forment la quatrième partie : « *l'édaphone* ».

Arrêtons-nous à cette dernière partie, qui n'entre pas directement dans le cadre de notre article.

Au laboratoire, nous étudions le sol *mort*, dont les parties liquides, gazeuse et organisées ont disparu; il n'en reste que la partie solide. Ce sol mort comprend, au point de vue chimique, une partie minérale et une partie *organique*. La partie minérale contient : 1° des oxydes libres, presque toujours du quartz ou de la silice amorphe, souvent des oxydes de fer et d'aluminium; 2° des sels d'acides siliciques, aluminosiliciques, ferrosili-

ciques et 3° des sels d'acides simples; des carbonates, sulfates, azotates de calcuim, de magnésium, de sodium et de potassium; parfois on trouve aussi du carbonate de fer ferreux, des phosphates de calcium, de magnésium, de fer et d'aluminium. Nous laissons à côté les éléments qui se rencontrent dans le sol en quantités très petites; à l'étude de ces éléments sont consacrés les travaux de M. G. Berdrand et de ses élèves.

L'eau ne dissout guère les sels d'acides de classe silicique; elle les décompose et les transforme en combinaisons différentes, tandis que les sels d'acides simples se dissolvent dans l'eau avec une facilité plus grande.

La partie *organique* du sol — l'*humus* — comprend, d'une part, des sels métalliques des acides organiques; d'autre part, des matières organiques dites « indifférentes » : albumines, hydrocarbones, etc...

La partie *solide* du sol consiste en particules de différentes dimensions. Par l'analyse dite « mécanique », le nombre des particules des différentes fractions mécaniques du sol peut être déterminé par les différentes méthodes inventées déjà longtemps par les agronomes.

Les fractions principales sont les suivantes : le *squelette*, qui comprend les particules d'un diamètre supérieur à un millimètre; le *sable*, les particules d'un diamètre compris entre 1 millimètre et 0,05 millimètre; la *poussière*, celles de diamètre allant de 0,005 millimètre à 0,001 millimètre; la *vase*, qui est composée de particules de diamètre inférieur à 0,001 millimètre (1 micron).

Cette *vase* contient des particules de différents diamètres, depuis 1 micron jusqu'à 1 micromicron — le diamètre d'une molécule. La partie la plus fine de la vase, faite des particules de diamètre inférieur à 0,1 de micron, constitue la partie du sol dite « colloïdale », sur laquelle nous reviendrons plus loin —.

L' « *analyse mécanique* » donne beaucoup pour l'étude du sol : on ne peut pas comprendre les processus qui se produisent dans le sol sans la connaissance des grandeurs des particules constituantes.

Mais pour éclaircir la question de *genèse* du sol, il faut faire aussi des *analyses chimiques globales* complètes et autres, au moins des trois horizons A, B et D (roche-mère intacte).

La méthode de ces analyses est la méthode ordinaire d'analyses chimiques des silicates, avec quelques légères modifications exigées par la présence d'humus, et parfois par la nécessité d'éloigner de la masse analysée le quartz.

Les formes de l'analyse chimique du sol se changeaient avec le changement de la conception sur ce corps naturel.

Quand les agronomes envisageaient le sol, comme un « milieu », comme un support des plantes ils faisaient les dosages seulement de quatre « éléments fertilisants » — K, N, Ph, Ca. Mais quand les pédologues ont posé la question de genèse du sol, les analyses complètes globales des différents horizons du sol et de la roche-mère sont devenues indispensables, parce qu'elles donnent des rapports chimiques des différents horizons qui représentent des stades différents de la formation du sol.

Les résultats des analyses globales deviennent beaucoup plus démonstratifs quand on représente leur partie minérale par les relations de deux oxydes calculés en molécules (*paramètres*); les paramètres les plus intéressants sont :

$$\text{I)}.\ \frac{SiO^2mol}{Al^2O^3mol} \quad \text{et} \quad \text{II)}.\ \frac{Fe^2O^3mol}{Al^2O^3mol}$$

Les paramètres premiers de différents types des sols de France sont différents.

Les analyses chimiques doivent être suivies de l'étude « minéralogique » à la loupe, ordinaire et binoculaire, ainsi que par le microscope polarisant; l'étude microscopique des « plaques minces » donne de très bons résultats, surtout pour les premiers stades de la décomposition de la roche-mère.

**

Etude minéralogique du sol.

Si, dans un sol, l'examen microscopique montre l'existence d'éléments minéralogiques faisant défaut dans la roche-mère et qui ne pouvaient pas se former pendant la décomposition de cette dernière (il s'agit le plus souvent de grains de quartz), — on peut, d'emblée, conclure qu'au moment où le sol se formait, des phénomènes d'apport se déroulaient synchroniquement. Les caractères mêmes de ces éléments étrangers permettent souvent de déterminer le lieu d'origine de cet apport. Aussi l'étude microscopique s'avère-t-elle particulièrement importante dans les régions montagneuses où les processus de ruissellement et d'apport jouent un rôle particulièrement important.

Si autrefois les géographes et les géologues avaient appliqué à l'étude de la « terra rossa » les méthodes microscopiques, ils auraient d'emblée distingué les sols rouges, formés « in situ » aux dépens des calcaires et des dolomies, de ceux qui ont été secondairement apportés dans les sites qu'ils occupent.

De même l'étude des « plaques minces » au-

rait montré que l' « alios » (Ortstein) se forme grâce à la migration de haut en bas des substances colloïdales, principalement des hydroxydes du fer et de l'alumine, et, en moindre quantité, de l'humus. Ces substances se sont introduites, progressivement, dans les interstices entre les éléments de la roche-mère, constituée presque toujours de sable quartzeux (v. la photographie).

L'analyse microscopique des plaques minces peut montrer aussi comment les substances colloïdales se déposent en « gels ». On voit comment les substances colloïdales non polarisantes s'insinuent dans les canaux microscopiques entre les cristaux de la dolomie, par exemple; comment elles s'accumulent dans les vides microscopiques; comment elles corrodent certains cristaux, au contact desquels elles se trouvent. Nous avons vu souvent, sur les plaques minces, comment les particules d'une matière sombre, non polarisante et inattaquable par l'acide chlorhydrique, se déposent à l'intérieur même des cristaux de dolomie, y formant de grandes masses aux contours souvent ellipsoïdes. Ces substances colloïdales, que nous croyons de nature organique, s'infiltrent souvent dans les fissures et les canaux microscopiques des autres minéraux (v. la photographie).

***

L'analyse « thermique ».

Depuis longtemps déjà les pédologues se demandaient quelles sont les combinaisons chimiques, réalisées dans le sol par les éléments que décèle l'analyse chimique élémentaire. De nombreuses méthodes ont été proposées pour résoudre cette question, mais toutes indirectes, demandant toujours des compléments hypothétiques. Aussi ai-je pensé appliquer à la solution du problème l'analyse dite « *thermique* », qui utilise le « galvanomètre différentiel double » de Le Châtelier-Saladin. Ce galvanomètre permet d'enregistrer, par une méthode différentielle, des phénomènes thermiques extrêmement faibles. On met aisément ainsi en évidence les phénomènes « endothermiques » ou « exothermiques » qui sont dus soit au départ de l'eau, soit aux décompositions ou transformations des substances minérales qui constituent les sols.

La description de ces appareils, devenus classiques, figure dans divers ouvrages.

La méthode différentielle a déjà été appliquée par plusieurs auteurs à l'étude du départ de l'eau ou de la transformation des minéraux hydratés. Nous citons plus loin les beaux travaux de Jean Orcel sur cette question minéralogique; nos lecteurs peuvent trouver dans l'ouvrage de P. Urbain un exposé très clair de l'application de l'analyse « thermique » (ainsi que rœntgénothérapie) à l'analyse des roches argileuses; il propose aussi quelques nouvelles méthodes, très ingénieuses (v. La bibliographie).

La première question que je me suis proposé de résoudre par cette méthode était de préciser les différences ou les similitudes des sols rouges latéritiques et des sols rouges méditerranéens. Il fallait auparavant déterminer les courbes des minéraux que l'on pouvait s'attendre à trouver dans les sols : turgite, stilpno sidérite, limonite, gœthile, calcite, hydrargilite, diaspose et kaolinite.

Après avoir précisé ces points de repère, nous avons étudié trois sols rouges méditerranéens et un sol rouge latéritique d'Indochine.

Ensuite nous avons étudié quelques sols français enrichis artificiellement en colloïdes (particules $< 2\,\mu$) : « rendzine », sol granitique, sol rouge méditerranéen. L'étude des courbes thermiques de tous ces sols nous a montré la présence des crochets endothermiques typiques de kaolinite (550°) et très rarement le crochet exothermique (950°) de ce minéral. La différence du sol rouge latéritique (Indochine) et du sol rouge méditerranéen (France) est marquée par la présence dans les courbes du sol latéritique non seulement de kaolinite, mais aussi du crochet de l'hydrargilite (330°).

M. J. Orcel et Mlle S. Caillère ont annoncé à l'Académie des Sciences (octobre 1933) les résultats de leurs analyses thermiques des différentes argiles à Montmorillonite (FaO, CaO, $MgO + Al^2O^3$. $5SiO^2 + 5H^2O$. Ils montrent qu'on peut comparer les courbes fournies par ces argiles naturelles à celles produites par une série de mélanges artificiels de Montmorillonite et de kaolinite (tableau 1), et évaluer ainsi à peu près la proportion de kaolinite qu'elles renferment. La méthode permet de déceler ainsi 5 % environ de kaolinite dans une argile à montmorillonite. La sensibilité de l'analyse thermique est moindre pour la montmorillonite.

J'ai appliqué la même méthode d'analyse thermique aux sols de Tunisie. Les échantillons examinés ont été prélevés dans les couches successives des différents types de sols et dans leurs roches-mères, provenant de diverses régions de ce pays. Ils ont été préalablement décalcifiés, comme toujours, et débarrassés de la fraction sableuse par décantation. Sur les 24 analyses thermiques exécutées qui conduisent toutes à des résultats semblables.

Toutes ces courbes mettent incontestablement en évidence, comme pour les sols de France, et même pour les sols latéritiques de l'Indochine

l'existence en quantités différentes du kaolinite dans les sols de Tunisie et dans leurs roches-mères.



Lorsque la proportion de kaolinite dans la substance étudiée est faible, l'inflexion endothermique est retardée, et son début s'observe entre 550 et 600°. La plupart de nos courbes mettent en évidence ce décalage qui avait été également constaté par M. J. Orcel et Mlle S. Caillère dans les mélanges artificiels de kaolinite et de montmorillonite. Les courbes de ces mélanges montrent aussi que le crochet exothermique du kaolinite (vers 950°) n'est bien visible que pour de fortes teneurs. Dans le cas des faibles teneurs, il est à peine ébauché. C'est ce que l'on remarque dans les courbes des sols de Tunisie.

On remarque sur deux courbes (sol formé sur une granite décomposée, et cette roche-mère de

Saint-Yrieix) l'indication d'un phénomène endothermique vers 380°, qu'il faut attribuer à la présence de gœthite. La comparaison de ces courbes montre que ce minéral est en plus forte proportion dans le sol que dans sa roche-mère.

On voit, par ces premiers pas de l'analyse thermique dans la pédologie, que son développement permettra d'éclaircir beaucoup des processus de la transformation minéralogique qui se produisent dans le sol.

***

Le complexe absorbant.

La partie colloïdale du sol contient des particules d'un diamètre de 0,1 à 0,001 micron. Pour un tel degré de dispersion, la surface des particules constituantes s'accroît énormément et, par conséquent, « l'énergie » qui prend naissance sur les surfaces de contact de ces particules avec les solutions du sol augmente proportionnellement.

Dans un système pareil « l'énergie de la surface » prédomine sur l'énergie intérieure ; voilà pourquoi devient possible une forte action réciproque entre les particules colloïdales solides et les solutions du sol.

Cette partie colloïdale du sol consiste en combinaisons chimiques presque insolubles dans l'eau (d'acide silicique, des hydroxydes de fer, d'aluminium, de manganèse, des sels des acides siliciques, aluminosiliciques et de différents acides organiques) ; une partie des métaux et même l'hydrogène, combinés avec ces acides, peuvent entrer en échange avec les métaux des sels simples se trouvant dans la solution du sol et absorber les cations de ces derniers sels. GEDROITZ, président (décédé) de la Société internationale de la science du sol, a proposé de nommer cette partie du sol « *le complexe absorbant* » du sol et les cations y contenus, capables d'échange avec les cations des sels de la solution du sol, des « *cations absorbés* ». Cette réaction d'échange réciproque des cations entre « le complexe absorbant » du sol et les sels de la solution du sol est instantanée.

Le pourcentage (en poids) des « complexes absorbants » varie selon la nature du sol : dans les sols sableux, pauvres en humus, il descend au-dessous de 1 % (en poids), mais il s'élève jusqu'à 50 % et même au-dessus, dans quelques tchernozems argileux en Russie.

Parmi les propriétés des particules colloïdales du sol il faut, en premier lieu, éclaircir le rôle de leur capacité de *coagulation*. Les particules colloïdales assez fines peuvent, non seulement se coaguler, mais aussi cimenter la partie plus grossière et même des particules poussiéreuses. Ainsi se forment les *agrégats* du sol et la *structure* du sol apparaît. Ces processus s'effectueraient très rapidement s'ils n'étaient pas empêchés par la charge électrique des colloïdes du sol, presque toujours négative ; les particules colloïdales du sol à charge négative se repoussent, ce qui empêche la coagulation. Tous les facteurs augmentant la charge négative des particules colloïdales du sol sont des « *facteurs stabilisants* », tandis que les facteurs la diminuant, en favorisant la coagulation et la formation d'agrégats, sont des « *facteurs instabilisants* ». Parmi ces derniers, nommons l'action des *électrolytes*, c'est-à-dire des sels, des acides et des alcalis. Prenons un sulfate quelconque suffisamment concentré, qui se décompose lentement dans l'eau en cations du métal chargés positivement et en ions de l'acide sulfurique, chargés négativement. Les cations du métal neutralisent les particules du sol chargées négativement, de sorte que l'action stabilisante de la charge électrique du colloïde cesse : les colloïdes se coagulent et des agrégats des particules colloïdales se forment. Ainsi, l'état d'agrégat ou de dispersion complète du « complexe absorbant » du sol dépend entre autres, de la nature et du pourcentage d'électrolytes contenus dans la solution du sol. Si celle-ci est riche en électrolytes, les matières colloïdales du sol forment des agrégats ; si les électrolytes manquent, les colloïdes restent à l'état de fines particules colloïdales séparées. Si la solution du sol est acide, — même avec un pourcentage de sels minimum —, les colloïdes du complexe formeront des agrégats, le cation des acides H possédant une très grande faculté de coagulation. Si la solution du sol est alcaline (s'il contient l'ion hydroxyle), la coagulation des colloïdes du sol peut se produire seulement dans le cas où la solution du sol a un pourcentage de sels beaucoup plus élevé que dans une solution neutre, puisque l'ion hydroxyle est un stabilisateur très puissant de l'état colloïdal des particules du sol.

Nous voyons, ainsi, que ce n'est pas seulement la matière colloïdale du sol, mais aussi le caractère de la solution du sol qui détermine la structure et la finesse des particules du sol. La coagulation des colloïdes du sol a lieu aussi dans le dessèchement du sol ; à mesure que l'humidité du sol diminue, les particules colloïdales se coagulent. Si elles sont assez nombreuses, elles cimentent même les particules du sol plus grosses, non colloïdales. De cette manière le sol ne se décompose pas en « éléments mécaniques », mais en agrégats plus gros, en « éléments structuraux » : le sol devient structural.

La *structure* est une propriété des sols argileux ; les sols sableux ne sont jamais structuraux : ils se

décomposent, en cas de dessèchement, en grains ou en tous petits agrégats, parce qu'il n'y a pas dans ce sol une quantité suffisante de matière colloïdale pour cimenter les gros grains de sable.

En outre, la capacité de coagulation des particules colloïdales du sol dépend de la composition des cations absorbés par le « complexe absorbant » du sol. Si nous agissons, par exemple, avec de l'eau sur un tchernosem typique dont le « complexe absorbant » ne contient pas de sodium, mais du calcium et du magnésium, l'eau ne détruira que la macrostructure (les agrégats plus gros du sol), étant incapable d'en détruire la microstructure (les agrégats plus fins) et ne pouvant pas « libérer » les particules colloïdales coagulées.

Mais si le sodium apparaît dans le « complexe absorbant » du sol (tchernosem alcalin), les agrégats se dispersent complètement, jusqu'à la libération des particules colloïdales constituant l'agrégat; ces particules libres attirent fortement l'eau du sol, chaque particule s'entourant d'une pellicule aqueuse; ces dernières s'accolent et le sol gonfle. La liaison de ces pellicules aqueuses avec les particules colloïdales est si forte que le sol devient presque imperméable pour toute autre eau et les racines des plantes ne peuvent pas utiliser l'eau de cette pellicule accolée à la particule colloïdale. Ainsi se forment les sols qui, quoique possédant un pourcentage élevé d'humidité, ne peuvent pas mettre une quantité d'eau suffisante à la disposition du système radiculaire des plantes.

En outre, à cause de la décomposition des agrégats de pareils sols alcalins jusqu'à la libération des particules colloïdales, les matières organiques (l'humus) du sol se dispersent à tel point que des « suspensions » colloïdales des matières humiques se forment et disparaissent peu à peu du sol. En même temps, la partie alumino-silicatée du « complexe absorbant » se détruit et des oxydes libres de silice, d'aluminium et de fer se forment; tandis que la silice dissoute colloïdalement se coagule sur place, les solutions colloïdales des hydroxydes de fer et d'aluminium sont lessivées du sol jusqu'à l'horizon « illuvial » (horizon d'accumulation des composés chimiques, lessivés des horizons supérieurs).

Nous voyons ainsi, que le caractère chimique du « complexe absorbant » du sol en détermine non seulement la structure et les propriétés physiques, mais aussi les qualités agronomiques.

Voilà pourquoi l'auteur de la théorie du « complexe absorbant du sol », Gedroitz, a pensé pouvoir baser la classification des types de sol sur les différences de leurs « complexes absorbants ».

Gedroitz pour la caractéristique du « complexe absorbant » a proposé l'attaque au bain-marie du sol par KOH dilué (5 %). D'après cet auteur cette attaque extrait des alumino-silicates du complexe absorbant — SiO^2 et Al^2O^3; on déduit le kaolinite déshydraté hypothétique — $2SiO^2.Al^2O^3$, et on détermine lequel de ces oxydes, restés non liés, prédomine. Dans les sols saturés par Na on extrait une grande quantité de SiO^2 amorphe et une quantité moindre de Al^2O^3. Dans les sols saturés par Ca et Mg (tchernozem par exemple) les quantités des oxydes (SiO^2 et Al^2O^3) sont minimes, tandis que dans les sols non saturés par ces bases (podzol par. ex.) ces quantités sont plus grandes.

Depuis une vingtaine d'années, l'importance prise par la chimie des colloïdes dans la pédologie et l'agronomie ne cesse de croître.

Il faut compter le nombre des travaux consacrés à cette question, par milliers et le nombre des auteurs par centaines; nommons les plus en vue : Gedroitz (K.), Hissink (D.-I.), Joseph (A.-F.), Robinson (G.-W.), Wiegener (G.), Demolon (A.), Marschall (S.), Waksmann (J.-A.), Bradfield (R.), Novack.

Au début de ces recherches on n'avait envisagé dans la définition du *complexe absorbant* que les particules colloïdales de dimensions inférieures à 0,1 μ, laissant de côté les autres particules qui jouent cependant un certain rôle dans la structure, dans la chimie et même dans la dynamique du sol. C'est pour tenir compte de ce rôle qu'on a convenu, depuis quelques années, d'englober sous le nom de « complexe absorbant » des particules dont les dimensions vont jusqu'à 2 μ; on se rapproche ainsi de l'ancienne définition de l'argile physique.

Nos études des sols de France ont montré que les proportions de colloïdes d'un même type de sol varient assez fortement suivant la nature de la roche-mère, mais que les moyennes de ces quantités permettent de distinguer les différents types des sols de France.

Mais l'aspect des résultats change si l'on s'adresse à la composition chimique. Les analyses de ces parties « colloïdales » (degré de dispersion inférieur à 2 μ) montrent une ressemblance assez frappante dans la composition chimique du « complexe absorbant » des différents types de sols de France, mais dans la composition chimique *globale* de ces types de sols, cette ressemblance disparaît. C'est donc la partie du sol moins dispersée que la partie « colloïdale » ($<2\mu$), ainsi que les différentes *quantités* des colloïdes qui conditionnent

les différences chimiques observées entre les divers types de sols.

La ressemblance indiquée plus haut entre les parties colloïdales des différents types des sols a été déjà remarquée par R. Bradfield (1925) pour onze sols américains et par Mme Beliakoff (1928) pour un tchernozem et un podzol russe (les derniers chiffres sont très proches à ceux des sols français). On trouve aussi dans ces travaux la confirmation des idées de Puchner (1907) et de C. Glinka (1924) sur l'abaissement de la quantité de silice dans la partie colloïdale quand la dispersion s'augmente, d'où il résulte qu'avec la croissance de la dispersion le paramètre SiO^2 : Al^2O^3 tend vers 2, c'est-à-dire vers celui de la kaolinite.

Ainsi, l'analogie est montrée dans la composition chimique des complexes absorbants des divers types de sols des climats tempérés; elle peut être troublée dans les cas de roches-mères particulièrement alumineuses. Il est compréhensible que dans les régions tropicales et subtropicales, où la décomposition produit de grandes quantités d'hydrates de fer et d'alumine, le paramètre premier — SiO^2 : Al^2O^3 est beaucoup plus petit que dans les régions tempérées; dans la plupart des sols rouges latéritiques par exemple, il est toujours inférieur à 2, même si l'on envisage la composition chimique *globale* du sol.

(A suivre.)

M. V. Agafonoff.
Ancien Prof. de l'Université de Tauride,
Attaché au Muséum d'Histoire Naturelle
de Paris.

SUR L'INTOXICATION ALIMENTAIRE

Depuis plusieurs années nous nous sommes attachés à l'étude des *intoxications alimentaires*, et tout spécialement de celles qui succèdent à l'absorption d'aliments réputés sains et de consommation courante.

Il n'entre donc pas dans notre intention d'envisager les *toxi-infections du groupe des salmonelloses ou celle du bacillus botulinus.* Nous négligerons les intoxications contingentes dues à la *sophistication des aliments,* à leur *mauvaise conservation,* à leur *nature essentiellement vénéneuse.* Certains poissons ou certains champignons nettement dangereux ne sont consommés que par suite d'une funeste erreur, ou même d'une intention criminelle.

Nous n'aurons en vue ici que la toxicité en quelque sorte virtuelle, potentielle, d'aliments d'excellente apparence et de bonne renommée. Pour que cette toxicité ne soit plus, si l'on peut dire, enclose mais libérée et efficiente, il faut d'abord que l'aliment subisse des transformations importantes que ces transformations débordent les défenses naturelles de l'organisme, ou bien, en contre-partie, que l'organisme affecté soit plus qu'un autre susceptible aux poisons apportés par l'aliment et dérivés de lui ou plus mal défendu contre eux.

On sait comment se présente le problème : un sujet, par ailleurs bien portant, ou du moins apparemment, consomme un aliment de bon aloi, et présente, plus ou moins rapidement, des accidents parfois aigus, voire dramatiques, parfois plus chroniques, dégradés, insidieux. D'autres que lui, également bien portants, mais à leur manière qui est différente, ont consommé, au même moment, à la même table, le même aliment. Ils l'ont fait sans ressentir aucun dommage.

Pourquoi cette fondamentale différence? C'est que, nous disent certains auteurs, le sujet sensible était « intolérant » à cet aliment. On appelle cela « allergie », « idiosyncrasie », « anaphylaxie », mots impressionnants mais qui stigmatisent parfois des hypothèses fragiles.

La théorie toxique s'est imposée à nous dès la considération des accidents cliniques qui se groupent, sans qu'on ait besoin de forcer les faits, en syndromes évoquant des actions pharmacodynamiques connues. La recherche des toxiques soupçonnés, dans les diverses humeurs, nous a donné des résultats positifs, *et mesurables.* La source de ces toxiques nous l'avons facilement trouvée dans les aliments eux-mêmes dont certains les apportaient préformés et que nous appelons *toxophores,* dont d'autres, le plus souvent, n'en apportaient que les matériaux et que nous appelons *toxigènes.* Une dernière étape devait être franchie, étape thérapeutique. Nous avons ailleurs rapporté une partie des heureux résultats obtenus, et dit comment on pouvait en comprendre l'obtention.

***

Rappelons brièvement les *symptômes habituels des intoxications alimentaires* : brûlures gastriques, spasme pylorique, mucorrhée ou constipa-

tion, diarrhée qui est souvent bilieuse par réaction hépatique; lésions buccales, glossites et aphtes; réactions à distance, salivation ou sécheresse de la bouche, sudation ou sécheresse de la peau, tachycardie ou bradycardie, œdème angioneurotique, prurit, urticaire, céphalée et troubles oculaires : myosis, mydriase, et même, en dehors de tout botulisme, troubles de l'acuité visuelle, etc.

Déjà certains symptômes évoquent, comme nous le disions plus haut, une action d'ordre pharmacodynamique. Mais surtout les symptômes généraux d'accompagnement se groupent sous trois chefs principaux : en premier lieu, le myosis, l'hypotension, la salivation, les sueurs, les crampes dans les mollets; en second lieu, l'hypertension, la mydriase, la sécheresse de la peau, la sécheresse de la langue, la céphalée, la tachycardie; en troisième lieu, tableau complexe, intriqué, parfois contradictoire.

Le dernier tableau n'est pas exceptionnel, le second est plus fréquent, le premier beaucoup plus habituel, puisqu'il correspond à 8 cas sur 10 au moins.

Si le syndrome myosis, hypotension, sueurs, salivation, rappelle étonnamment l'action de l'ésérine, de la pilocarpine, le syndrome opposé de mydriase, hypertension, sécheresse de la peau et des muqueuses, évoque bien l'action de l'adrénaline et aussi de l'atropine.

Nous devons nous demander maintenant si les aliments sont capables d'apporter préformés (aliments toxophores) des toxiques dont l'action réalise des tableaux cliniques observés ou de donner naissance à ces mêmes toxiques (aliments toxigènes) au cours de la transformation digestive.

Il est bien entendu que nous n'envisagerons que les aliments communs, d'apparence et de réputation anodines, tels que viande de bœuf, veau, porc, mouton; tels que poissons, crustacés, mollusques de consommation courante; tels que lait, fromage, œufs, etc.

Nous allons passer successivement en revue le rôle possible des lipides, des glucides, des protides.

***

Les lipides peuvent produire des réactions d'ordre toxique.

Certains qui paraissent inoffensifs, sont sans doute capables de se fixer avec élection sur certains tissus, le tissu nerveux en particulier.

Au cours de leur digestion peuvent naître des acides gras : butyrique, stéarique, valérianique, lactique et acétique.

Certains de ces acides ont d'indiscutables propriétés irritatives. Ils les peuvent exercer directement sur la muqueuse digestive ou indirectement sur la peau à l'occasion de leur élimination (prurit).

Il faut remarquer, par ailleurs, que les graisses sont rarement à l'état pur, mais très généralement à l'état d'aminolipides. Peut-être la sensibilité si marquée de certains sujets aux graisses est-elle due à cette combinaison. Il s'agit là d'un domaine encore mal exploré.

***

Les glucides ne paraissent pas par eux-mêmes bien dangereux. Tout le long du tube digestif ils trouvent de nombreux ferments actifs et leur digestion est une des plus faciles qui soient. Cependant quand ils sont absorbés en excès, ou quand ils sont protégés par certaines conditions mécaniques contre l'attaque des sucs digestifs, ils peuvent arriver en grande quantité dans l'iléon terminal et le cœcum. Là, ils subissent l'action de nombreuses bactéries groupées sous le nom de *flore de fermentation* et qui jouit classiquement d'une réputation, assez imméritée.

En effet là vont naître, par hydrolyse des glucides, les acides lactique, butyrique, acétique, des aldéhydes, de l'acétone, l'acide oxalique (M. Lœper), tous corps susceptibles, à des degrés divers, de causer quelques méfaits.

Mais, certainement, la plus redoutable conséquence de la richesse excessive en glucides de la ration alimentaire et de la production d'acides qu'elle provoque, est la constitution d'un milieu favorable à la décarboxylation des acides aminés. Les premiers, les travaux remarquables de Hanke et Kœssler nous ont permis cette affirmation.

***

C'est donc des *protides* que vont sortir les toxiques les plus redoutables. On sait que, progressivement, sous l'influence de la digestion pepsique de l'estomac, puis trypsique du pancréas et de l'intestin, la molécule d'albumine alimentaire est disloquée et scindée en ses constituants qui sont les acides aminés.

Ces acides aminés ne sont pas toxiques, puisque, au surplus, un certain nombre d'entre eux sont employés en thérapeutique à doses considérables.

La transformation facile, dans certaines conditions, de l'acide aminé, inoffensif et nécessaire, en base aminée de toxicité redoutable, rend compréhensible la responsabilité des corps protidiques dans la genèse des intoxications alimentaires.

A la suite des travaux de Richet et Portier, on s'efforça, non sans quelque abus, d'expliquer tout

ce qui demeurait mystérieux en pathologie par le mécanisme de l'anaphylaxie et on l'a invoqué trop souvent dans les cas où elle n'a rien à faire.

En ce qui concerne les intoxications alimentaires les travaux bien connus de Rosenau et Anderson, de Nobécourt, de Laroche, Richet fils et Saint-Girons, de Lesné et Dreyfus ont apporté pourtant des arguments cliniques et expérimentaux en faveur de l'explication anaphylactique.

Nous ne voulons pas entrer dans la discussion des faits expérimentaux qui souvent paraissent assez différents de ceux de la clinique de l'homme. Beaucoup de faits tenus pour démonstratifs ne résistent pas à l'épreuve d'une critique sévère.

L'anaphylaxie alimentaire existe à n'en pas douter. Le « déclenchement » des accidents comme l'imprégnation « préparante » peuvent être dus à la résorption minime, mais certaine, d'une albumine étrangère.

Mais l'anaphylaxie est beaucoup moins souvent en cause qu'on le dit. L'apport d'une histamine préformée, la production d'histamine au cours de la digestion nous permet d'entrevoir, par contre, tangible et mesurable, le poison qui réalise, à la perfection, le tableau même des accidents anaphylactiques.

De même l'hypothèse qu'ont soutenue, dans un remarquable travail, MM. Henri Thiers et René Chevallier (de Lyon), de la responsabilité de produits dégradés prenant naissance au cours de la digestion pepsique (Zunz), antigènes seulement déclenchants et non préparants, peut être admise comme acceptable.

Le choc peptonique, théoriquement possible, ne peut guère invoqué car les peptones ne se résorbent guère dans l'intestin normal.

Quant au rôle toxique des polypeptides qui naissent de la dégradation des protides il paraît, malgré de nombreux travaux récents, bien douteux, la notion de polypeptide étant elle-même d'ailleurs bien flottante et de base chimique assez imprécise (Terroine).

Mais déjà les acides aminés peuvent subir la *désamination*. Depuis longtemps, avec Metchnikoff, on a accusé et chargé d'une grande responsabilité les corps phénoliques, l'indol et le scatol, résultats de la désamination des acides aminés de la série aromatique.

Mais ces substances ne sont sans doute pas les plus nocives car elles « représentent non pas les témoins des putréfactions intestinales, mais le terme normal de la destruction des albuminoïdes de l'organisme » (Chiray).

La désamination des acides mono-aminés de la série grasse (glycocolle, alanine, valine, etc.) peut donner des acides gras divers, peu toxiques, et aussi de l'*ammoniaque* dont le rôle n'est pas parfaitement précisé.

Bien plus que la désamination, c'est la *décarboxylation* qui constitue le processus « redoutablement simple » qui va transformer par le simple départ d'un groupement CO^2, un acide aminé inoffensif en une base aminée toxique.

Cette décarboxylation se fait sous l'influence de nombreux microbes, depuis le bacille aminophile de Berthelot, le putrificus, le pyocyanique, jusqu'à certaines races de colibacille. Elle ne peut se faire, rappelons-le, qu'en milieu légèrement acide. Nous n'insisterons pas sur les produits de décarboxylation des amines linéaires, ni des acides diaminés (malgré le nom terrifiant des amines correspondantes : putrescine, cadavérine).

Il faut par contre s'arrêter un peu à trois acides aminés, cycliques ou hétéro-cycliques à l'état normal, *tout à fait indispensables à l'organisme*, car ils lui apportent des noyaux dont il ne saurait faire la synthèse : noyaux phénol, indol et imidazol, nécessaires à l'élaboration soit de substances protéiques spécifiques, soit de certaines hormones mais dont la décarboxylation fait des amines dangereuses. Les voici :

La *tyrosine*, source nécessaire de l'adrénaline et de l'hormone thyroïdienne, apporte à l'organisme le noyau phénol, et donne, par décarboxylation, la *tyramine*.

Le *tryptophane* et l'*histidine*, nécessaires à l'hématopoïèse (Fontès et Thivolle), apportent respectivement les noyaux indol et imidazol, et donnent, par décarboxylation, la *tryptamine* et l'*histamine*.

***

Voyons maintenant les propriétés de ces trois bases aminées.

La *tyramine* est, dans l'ensemble, *sympathicomimétique* (Barger et Dale) agissant surtout sur le système nerveux et les vaisseaux. Elle est hypertensive, mais 25 fois moins que l'adrénaline. Sur le cœur isolé elle augmente la fréquence et l'amplitude des battements. Elle provoque la contraction des vaisseaux en survie, contracte l'utérus de la lapine. Elle détermine de la mydriase. Son action est empêchée par la peptone et par l'histamine. Sa toxicité est relativement faible.

Dale et Dixon ont, sur eux-mêmes, étudié l'action de un centigramme de tyramine. Ils ont constaté une élévation de la tension artérielle accompagnée de pesanteur céphalique, de rougeur du visage, de respiration plus profonde, d'accentuation des battements cardiaques, d'exagération du besoin d'uriner, mais sans mydriase, ni glyco

surie, ni albuminurie. C'est le syndrome de Dale.

La *tryptamine* détermine expérimentalement des vomissements, des convulsions et des phénomènes d'ordre sympathique qui sont peut-être dus à une décharge d'adrénaline secondaire (Ewins et Laidlaw).

L'*histamine* est, des trois corps, le plus étudié. Toxique pour les animaux à sang chaud, sauf le rat et la souris, elle exerce une action puissante sur les fibres lisses et les glandes digestives, action d'effets variables d'ailleurs suivant les animaux, les organes, les doses considérées.

Injectée à l'animal elle détermine la dilatation des capillaires et des fines artérioles; appliquée sur le vaisseau en survie elle provoque la contraction des veines et des artères. En exaspérant la perméabilité capillaire elle détermine l'œdème.

Chez les carnivores, le spasme des veines sus-hépatiques (Pick), la stase dans les vaisseaux splanchniques, la chute de la tension artérielle, apparaissent comme ils apparaissent dans le choc peptonique ou anaphylactique et c'est pourquoi on a attribué ce choc à l'histamine (choc histaminique de Dale et Laidlaw).

L'hypotension histaminique peut être d'ailleurs suivie d'une hypertension secondaire par décharge d'adrénaline.

Les fibres lisses, de l'utérus gravide ou non, celles de l'estomac du tractus gastro-intestinal et des bronches se contractent sous l'influence de l'histamine, la contraction de l'utérus s'accroît, le péristaltisme intestinal s'accentue (vomissements, diarrhée), et le spasme bronchique apparaît.

Les effets vasculaires et musculaires ne sont pas empêchés par l'atropine, mais ils le sont par l'adrénaline et la tyramine (Schenk).

L'histamine détermine l'hypersécrétion des glandes aussi bien de l'estomac, des glandes salivaires, que du pancréas, de l'intestin, du foie, des bronches : enfin la sudation et le myosis.

Les travaux de Tinel, Ungar, J.-L. Parrot, semblent démontrer la réalité de *fibres histaminergiques* dont l'excitation fréquente déchargerait l'histamine. L'histamine serait ainsi au même titre que l'acétylcholine et l'adrénaline un médiateur chimique, selon la conception de Dale. C'est un troisième processus par quoi l'histamine peut se former dans les tissus.

*
**

Ainsi nous apparaît-il que le plus souvent le tableau des intoxications alimentaires reproduit presque trait pour trait l'intoxication expérimentale par les substances histaminiques. Beaucoup moins souvent, il évoque l'action des drogues sympathicomimétiques.

Or les dosages des corps histaminiques dans le premier cas, de la tyramine dans le second, ont montré leur présence en quantité excessive dans le sang comme dans le milieu intestinal.

Nous avons surtout étudié, à ce point de vue, les intoxications du type histaminique, pour l'excellente raison qu'*elles constituent au moins huit sur dix des intoxications alimentaires.*

Ce qui frappe dans certains cas c'est le déclenchement par une très minime quantité de la substance incriminée. C'est là que l'intervention du processus anaphylactique paraît obligatoire. En réalité, il suffit d'une quantité infinitésimale d'histamine (quelques gammas) pour déclencher, chez certains individus, de graves accidents de choc histaminique (choc qui reproduit l'exact et complet tableau du choc anaphylactique) comme si « l'histamine appelait l'histamine », une minime quantité injectée ou ingérée déterminant une libération immédiate et massive.

Quand les bases toxiques sont ainsi apportées ou produites dans le milieu intestinal, elles sont, suivant les cas, plus ou moins capables d'engendrer des manifestations pathologiques.

En effet de nombreux facteurs interviennent.

D'abord la quantité produite. Cette quantité est fonction d'abord de la quantité d'acide aminé souche offerte à la transformation, elle l'est ensuite de l'état digestif puisque la digestion des aliments les soustrait à l'action des microbes décarboxylants. Elle est aussi des fermentations microbiennes et de l'acidité du milieu.

Une fois formées, les bases aminées toxiques intestinales — se résorbent l'état de la paroi intestinale intervient pour régler leur résorption.

Il y a ensuite le passage par le foie dont le rôle antitoxique est capital puisqu'il oxyde, acidifie, désamine ces bases et peut même aussi que nous l'avons montré avec Parrod, les conjuguer au soufre et les rendre inoffensives.

Il n'est pas jusqu'à l'état d'équilibre acido-basique qui, dans le milieu intérieur, ait aussi son importance. Enfin, intervient l'état du sujet, déterminé par le fonctionnement de ses endocrines, de son système nerveux, de ses « tendances » héréditaires ou acquises, en un mot de son « tempérament », en un mot tout ce qui constitue le « terrain », ou pour user d'un mot à la mode, le « climat » favorable ou non au déclenchement de certains accidents.

Ainsi discerne-t-on les différents relais où la thérapeutique pourra exercer son action successive, protectrice, réparatrice ou vicariante.

M. Loeper et M. Perrault.

BIBLIOGRAPHIE

LOEPER, PERRAULT et LESURE : Syndromes histaminiques d'origine intestinale. *Bull. Acad. Méd.*, 27 novembre 1934.

LOEPER : Thérapeutique des Intoxications alimentaires. *Presse Médicale*, 31 octobre 1936.

LOEPER et PERRAULT : Traitement des Intoxications alimentaires, Monographie, Baillière, 1937.

LOEPER et PERRAULT : Thérapeutique des Intoxications alimentaires, *Schweiz. Med. Woch.*, janvier 1937.

PERRAULT : L'histamine. Sa constitution. Ses origines. Son action. *Progrès Médical*, 30 janvier 1937.

M. LOEPER : La Thérapeutique fonctionnelle à doses minimes, monographie de la *Revue de Pathologie comparée*, 1937.

J. MARÇAIS : Le Syndrome vagomimétique dans les intoxications alimentaires et son traitement. *These de Paris*, 1937, (bonne bibliographie).

M. LOEPER, A. LEMAIRE et A. LESURE : L'index tyramine dans les hépatites. *Soc. Méd. Hôp. de Paris*, 19 mars 1937, n° 11.

M. LOEPER : L'Aminémie. *Presse Médicale*, 13 novembre 1937.

M. LOEPER : A propos de l'Aminémie. *Soc. Méd. Hôp. de Paris*, 25 mars 1938, n° 12.

***

Du point de vue chimique (propriétés et dosages) voir en outre :

Le beau livre de GUGGENHEIM : Les amines biologiques, traduction A. Berthelot, Baillière, 1934.

M. LOEPER, A. LESURE et A. THOMAS : Contribution à l'étude du dosage des imidazols dans les urines, les selles et les sérums. *Bull. Soc. Chimie Biol.*, novembre 1934, n° 9.

A. LESURE : Polypeptides et acides aminés de l'organisme, *Journal de Chimie et de Pharmacie*, 1er et 16 juillet, 1er et 16 août 1937.

J. PARROT : *Thèse de Paris*, 1938.

LA VITESSE DE LA LUMIÈRE EN RAPPORT AVEC LA CONSTITUTION DES SYSTÈMES PHYSIQUES MATÉRIELS ÉLÉMENTAIRES

Dans l'étude qui va suivre, nous nous proposons de mettre en relief la part prépondérante, sinon même exclusive, qui paraît revenir à l'énergie lumineuse et par conséquent à la vitesse de la lumière dans l'existence de certains systèmes physiques matériels élémentaires.

Mais tout d'abord que devons-nous entendre par systèmes physiques matériels ?

Nous désignons sous ce nom des assemblages types de matière jouissant, chacun, dans un espace défini, et à un degré donné de constitution, d'une modalité d'organisation et d'équilibre à caractère vraiment spécifique.

Cette classification n'exclut évidemment pas dans chaque système, une certaine diversité d'apparence entre des limites en dehors desquelles l'équilibre intrinsèque du système ne saurait exister.

Cette remarque limite à la fois le nombre des systèmes à considérer et pour chaque système les conditions de sa vie propre ainsi que la forme type et générale qu'il peut avoir.

De plus et ainsi que nous le verrons par la suite, nous serons amené à considérer chacun d'eux pris isolément comme constituant l'élément d'un autre système d'un rang plus élevé et ceci en partant du plus simple et du plus petit de ces systèmes pour aller successivement et progressivement au plus complexe et au plus grand.

Ces préliminaires posés, notre démonstration repose essentiellement sur les deux propositions suivantes :

1° L'Espace que nous allons envisager est l'espace Einsteinien. C'est un champ gravifique qui prend naissance partout où il y a de l'énergie, que celle-ci soit sous forme matérielle ou sous forme rayonnante. Là où il n'y a pas de mouvement et manifestation d'énergie, il ne saurait y avoir d'espace suivant cette conception.

2° L'énergie totale d'un système matériel est égale au produit de sa masse supposée au repos par le carré de la vitesse de la lumière.

La première proposition en entraîne une autre. Puisque ce que nous appelons l'énergie et l'espace sont si intimement confondus que l'un ne saurait exister sans l'autre et que tous deux se conditionnent réciproquement, on peut en conclure que ces deux conceptions ne seraient que les apparences ou les manifestations d'une seule et même chose. Autrement dit, s'il existe une mesure de l'importance de l'une d'entre elles, la valeur qu'elle représente doit être en même temps celle qui mesure l'importance de l'autre.

Ainsi, la quantité d'énergie renfermée dans un système physique quelconque serait la même que celle dont est capable le champ spatial de ce système, c'est-à-dire l'espace formant le champ d'action de ce système physique limité naturellement par les champs d'action des systèmes voisins.

L'énergie tirerait donc sa source et sa raison d'être de l'espace qui apparaîtrait ainsi comme un réservoir d'énergie.

La substitution possible de ce champ d'action

au système physique limité à ses dimensions matérielles, nous conduit ainsi à l'idée d'une densité moyenne d'énergie renfermée dans le champ spatial de ce système physique tel que nous venons de le considérer.

Il en résulte que si dans chaque système physique, toute l'énergie, au lieu d'être plus ou moins concentrée en des points matériels, était répandue uniformément dans son champ d'action, et s'il en était de même de tous les systèmes physiques, il n'y aurait plus d'échange d'énergie, et la densité moyenne de cette énergie en chaque point de tous les espaces serait une quantité constante.

La question de densité qui intervient ici peut paraître à première vue tout à fait fortuite. Cependant, si nous nous rappelons que la fréquence des ondes émises est inversement proportionnelle aux masses et que par ailleurs, la pénétration des rayons correspondant aux petites longueurs d'onde est inversement proportionnelle à la densité des milieux pénétrés, on conçoit dans une certaine mesure que, dans les échanges d'énergie qui donnent lieu ou ont donné lieu à l'élaboration des systèmes physiques tels que nous les avons envisagés, les questions de masses et de densité peuvent jouer un rôle important.

Dans tous les cas, les résultats du calcul corroborent la série de raisonnements que nous avons établis pour leur donner un certain caractère de vraisemblance.

Soit donc W_1, W_2, W_3, etc... les énergies respectives des systèmes S_1, S_2, S_3, etc... ayant comme champ d'action les espaces E_1, E_2, E_3, etc...

Si on désigne par Δ_1, Δ_2, Δ_3, etc... les densités moyennes respectives de l'énergie, telles que nous venons de les définir, on devra avoir :

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \Delta_3 = . = \frac{W_1}{E_1} = \frac{W_2}{E_2} = \frac{W_3}{E_3} = \ldots$$

En vertu de la seconde proposition, si M est la masse d'un des systèmes supposé au repos, et si C représente la vitesse de la lumière on a :

$$W_1 = M_1C^2 ; \; W_2 = M_2C^2 ; \; W_3 = M_3C^2 ; \text{ etc.}$$

C ayant une valeur constante, les nombres mesurant W et M sont proportionnels et l'on en a conclu qu'il y avait identité entre l'énergie et la masse ; l'une mesurant l'autre.

En ce qui concerne le champ spatial et l'énergie, nous nous trouvons donc en présence de deux expressions qu'il est bon de chercher à interpréter. C'est qu'en effet, nous devons faire ici une distinction.

Si nous admettons qu'en dernière analyse, les éléments les plus simples de la matière sont tous identiques et si nous représentons la masse de chacun d'eux par l'unité, l'expression de leur énergie respective sera représentée par C^2.

Dans les groupements que ces éléments forment entre eux pour constituer les systèmes physiques dont nous parlons, suivant que chaque groupement ou constitue le système lui-même, ou joue le rôle d'un nouvel élément de formation d'un système plus complexe, ce groupement n'intervient pas dans le deuxième cas avec le même coefficient.

Dans le premier cas, le groupement constitue à proprement parler un groupement d'énergie, tandis que dans le second, il contribue comme unité de masse à constituer un système d'ordre plus élevé.

Autrement dit, une même expression peut être considérée, soit comme représentant l'unité d'énergie dans un système physique donné soit comme représentant l'unité de masse, dans le système matériel immédiatement plus complexe.

Dans le premier cas, si N est le nombre des éléments du groupement, sa masse est N et son énergie est NC^2.

Dans le second cas, le groupement précédent constitue un élément de masse ; avec la valeur NC^2 et son énergie dans le système immédiatement constitue un élément de masse avec la valeur $NC^2 \times C^2$. Si le système est formé de L de ces groupes, l'énergie du système est $L \times NC^2 \times C^2$.

Avant de nous engager davantage dans la recherche des conséquences dérivant de ce qui précède, nous allons revenir sur la conception des systèmes physiques pour apporter quelques éclaircissements sur la nature des caractères que nous leur attribuons.

Dans notre esprit, nous comprenons sous ce nom de système physique, un être physique doué d'une vie propre due à son origine même, ainsi qu'aux propriétés particulières des groupements élémentaires qui le constituent et qui lui donnent sa stabilité en tant que système restant comparable à lui-même.

Les caractères qui le spécifient sont donc dans une certaine mesure indélébiles et résultent d'un mode d'organisation originel qui fixe son évolution.

Nous pouvons d'ailleurs le considérer à deux points de vue soit en lui-même et par rapport à lui-même comme un être indépendant de toute ambiance, soit comme un organe d'association formant avec des éléments à propriétés semblables, un ensemble plus complexe c'est-à-dire, un autre système ou un autre être physique d'ordre plus élevé.

C'est ainsi, par exemple, que l'électron isolé constitue par lui-même un système physique, tan

dis qu'associé il constitue des systèmes plus complexes qui sont les atomes caractérisant les propriétés des corps.

Les systèmes que nous avons en vue ne sont donc pas de simples assemblages d'éléments juxtaposés au hasard, mais au contraire des organisations parfaitement définies, correspondant à un mode de formation bien établi, évoluant dans un espace adéquat, suivant un rythme déterminé, en harmonie avec les actions réciproques des systèmes voisins.

Pour évoluer ainsi et conserver son caractère d'indépendance chaque système englobe nécessairement un espace donné, et même un double espace, comme nous allons le voir. Le premier est formé par l'étendue dans laquelle se passent les actions mutuelles des éléments propres du système entre eux. C'est le volume formant à proprement parler le noyau de ce système. C'est dans ce milieu, qui a des dimensions déterminées, que se développe sa vie interne, agissante et caractéristique.

Le second espace joue vis-à-vis du premier le rôle en quelque sorte d'un organe de protection. Il enveloppe le noyau. Ses dimensions sont conditionnées par les actions réciproques de tous les éléments voisins, ayant une constitution semblable et dans des conditions telles que tous ces éléments malgré leurs agitations coexistent et se côtoient sans que leurs chocs ou leurs frottements puissent être nécessairement une cause d'agglomération et d'incorporation.

Nous arrêterons là le développement de cette conception, n'ayant pas l'intention de discuter ici le sens ni la nature de l'évolution, mais seulement d'établir, en nous basant sur la théorie de la relativité et particulièrement du principe qui considère l'énergie contenue dans une masse donnée comme étant égale au produit de la masse par le carré de la vitesse de la lumière, une conséquence qui pourrait avoir un caractère fondamental dans la constitution et la limitation d'un certain nombre de systèmes physiques, dans lesquels l'évolution s'effectue parallèlement suivant la même ordonnance. Cette façon de concevoir les choses dépasse sans doute ce que l'expérience nous permet de supposer. Néanmoins, elle paraît probable pour ce que nous connaissons de mieux en mieux du monde physique et de notre Univers.

Ces considérations admises, on pouvait donc se poser la question suivante ?

Existe-t-il une relation définie entre la quantité de matière ou d'énergie représentée par un de ces systèmes physiques et l'espace nécessaire à la vie de ce système ou encore, étant donné un certain espace, quels sont les systèmes physiques capables de se constituer dans ces espaces et quelles sont les relations devant exister entre différents espaces pour donner lieu à la constitution successive de ces systèmes.

Nous allons essayer d'y répondre en partant des conceptions précédentes dont nous allons tirer les conclusions suivantes :

Supposons que les masses M_1, M_2, M_3, que nous avons envisagées correspondent à une succession de groupements formant les éléments unitaires de systèmes physiques de plus en plus complexes. Nous pourrons poser :

$$W_1 = M_1C^2$$
$$W_2 = M_2C^2 = W_1C^2$$
$$W_3 = M_3C^2 = W_2C^2$$

Les espaces correspondant à ces systèmes étant ceux que nous avons précédemment envisagés, les densités moyennes d'énergie de ces systèmes seront :

$$\Delta_1 = \frac{W_1}{E_1} = \Delta_2 = \frac{W_2}{E_2} = \Delta_3 = \frac{W_3}{E_3} = \ldots \text{ etc}$$

d'où $\Delta_1 = \frac{W_1}{E_1} = \Delta_2 = \frac{W_1}{E_2} C^2 = \Delta_3 = \frac{W_1}{E_3} C^2 \times C^2$ etc...

égalités dans lesquelles :

$$\frac{W_1}{E_1}, \frac{W_1}{E_2}, \frac{W_1}{E_3}$$

sont précisément les densités de masse du même groupement dans tous les systèmes successifs que nous avons envisagés. Si nous les désignons par D_1, D_2, D_3, etc... nous aboutissons aux relations suivantes :

$$D_1 = D_2C^2 = D_3C^2 \times C^2 = \ldots$$

d'où d'une façon générale :

$$D_p = \frac{D_p - 1}{C^2}.$$

C'est-à-dire que la densité moyenne d'un système physique limité à son enveloppe de protection est égale à la densité moyenne matérielle du noyau de ce même système divisé par le carré de la vitesse de la lumière.

Il en résulte que les dimensions linéaires des deux systèmes sont entre elles comme : $C^{\frac{2}{3}}$ est à 1.

Dans la réalité, et en passant aux calculs, il faudrait tenir compte que chacun des systèmes physiques envisagés est complexe, parce que formé d'un très grand nombre d'éléments, que les masses que nous évaluons diffèrent des masses au repos, que les champs d'action des groupements divers ne découpent pas l'espace suivant des volumes uniformes et égaux s'emboîtant exactement de la même façon les uns dans les autres. De plus, il faudrait encore tenir compte qu'il y a des échanges

incessants d'énergie qui font varier les masses et les champs d'action.

Du reste, sommes-nous bien sûrs qu'en dernière analyse, les éléments les plus ultimes de la matière soient absolument identiques entre eux ? Il y aurait lieu d'en douter lorsque l'expérience de tous les jours, nous montre sous les mêmes espèces, la multitude des genres et dans les genres et sous des apparences de similitude, l'infinie variété des formes. Il est au contraire fort probable que la variété dans les genres est une loi d'une généralité absolue.

Les variations peuvent d'ailleurs se manifester dans des limites plus ou moins étroites. Elles n'en existent pas moins et personnellement nous sommes convaincu qu'il n'existe pas dans l'Univers deux points pouvant être identifiés. L'identification, lorsqu'elle est proposée n'est due qu'à l'imperfection et à la limitation de nos moyens d'investigation.

Quoi qu'il en soit, il résulte finalement de tout ce qui précède que, dans l'ensemble des faits, les valeurs de C^2 et C^2_3 doivent être considérées comme des expressions théoriques et que dans la pratique, nous ne pourrons envisager que l'ordre de grandeur représenté par ces valeurs. Malgré ces remarques nous allons voir que la vérification est assez approchée.

Les systèmes physiques, tels que nous les avons conçus sont d'ailleurs en assez petit nombre. En allant du simple au complexe, nous trouvons l'électron, l'atome d'hydrogène qui est à la base des édifices matériels, la matière telle que nous la trouvons constituant l'ensemble des corps dont est formé le système solaire, le système solaire considéré en lui-même, puis par rapport à la voie lactée, la voie lactée, etc...

Dans les calculs qui vont suivre, nous avons admis que les champs de protection lorsqu'on doit les faire intervenir ont tous la forme d'un ellipsoïde de révolution autour du petit axe auquel nous supposons une valeur égale au tiers du grand axe :

Voici les résultats auxquels nous aboutissons :

Electron...	rayon...............	$1,85 \times 10^{-14}$ décim.
	masse..............	9×10^{31} kgs
	densité moyenne ...	$1,058 \times 10^{11}$
Hydrogène.	rayon...............	$1,00 \times 10^{-9}$ décim.
	masse..............	$1,662 \times 10^{-27}$ kgs.
	densité moyenne....	1,190
Système solaire....	volume de matière..	$1,411 \times 10^{30}$ déc.^{3}
	masse..............	$1,995 \times 10^{30}$ kgs
	densité moyenne....	1,41

Volume occupé par le système solaire comprenant l'orbite de Neptune	$1,27 \times 10^{44}$ déc^3
Densité moyenne...............	$1,57 \times 10^{-11}$
Volume occupé dans la voie lactée par le champ de protection du système solaire supposé s'étendant jusqu'au milieu de la distance de l'étoile la plus rapprochée : α du Centaure	$1,211 \times 10^{52}$ déc^3
Densité moyenne..............	$1,65 \times 10^{22}$

Ces densités sont entre elles dans les rapports suivants :

$$\frac{1.058 \times 10^{11}}{1.190} = 8.8907 \times 10^{10} = [2.98 \times 10^5]^2$$

$$\frac{1.41}{1,57 \times 10^{11}} = 8.9808 \times 10^{10} = [2.99 \times 10^5]^2$$

$$\frac{1.57 \times 10^{-11}}{1.65 \times 10^{22}} = 9.5151 \times 10^{10} = [3.08 \times 10^5]^2$$

Ces nombres sont sensiblement du même ordre de grandeur que $[3 \times 10^5]^2$; c'est-à-dire qu'ils sont proportionnels au carré de la vitesse de la lumière, exprimée en kilomètres.

Pourquoi trouvons-nous la vitesse de la lumière exprimée en kilomètres et non en mètres ou en centimètres ? Nous n'en voyons pas la raison.

Néanmoins, c'est un fait que les densités des édifices physiques successifs que nous avons considérés sont sensiblement entre elles comme le carré de la vitesse de la lumière exprimée en kilomètres.

Du reste nous allons encore pousser plus loin les comparaisons que nous venons de faire. Dans une étude que nous avons publiée sur la distribution des masses dans l'ensemble du système solaire[1] nous avons été amené à le considérer comme formé d'un noyau central, le soleil, autour duquel les planètes et leurs cortèges de satellites gravitent en réalité dans trois anneaux, le premier renfermant Mercure le deuxième comprenant Vénus, la Terre, Mars, les petites planètes, le troisième embrassant les grosses planètes.

Contrairement à la loi de Bode, nous avons montré que dans chaque anneau, les planètes sont situées à des distances marquant les termes d'une progression arithmétique.

Si l'on représente par I la distance moyenne de la Terre au Soleil, la raison moyenne de la progression arithmétique dans le premier anneau serait égale à 0,162, dans le second à 0,500 et dans le troisième à 5.000.

Nous donnons ci-après, un tableau général résumant les emplacements relatifs des astres divers composant le système solaire.

Partant de ces données, nous allons supposer que les planètes actuelles faisant partie d'un

1. Relations remarquables entre les éléments du système solaire. (Gauthier-Villars).

même anneau résultent de la condensation de matériaux primitivement répandus dans des espaces ayant eu la forme d'ellipsoïdes de révolution, semblables à ceux que nous avons envisagés précédemment.

Ces ellipsoïdes qui auraient pour grands axes, les valeurs des raisons des progressions ci-dessus, joueraient actuellement et en quelque sorte à l'égard de chaque planète, l'office d'une zone de protection.

Ainsi, l'on trouve respectivement comme rapports des densités $[3{,}72 \times 10^5]^2$ $[3{,}38 \times 10^5]^2$ et $[3{,}51 \times 10^5]^2$, c'est-à-dire des nombres assez rapprochés de $[3 \times 10^5]^2$ et en tout cas, presque égaux entre eux et du même ordre de grandeur.

Malgré les différences qui existent entre ces nombres les résultats nous paraissent tout à fait remarquables et ne sont certainement pas dus au hasard.

Il est très plausible d'admettre que les excédents ainsi trouvés proviennent du fait, qu'au cours du temps et alors que la condensation n'en était qu'à une phase en quelque sorte préparatoire une partie des matériaux limités aux volumes des ellipsoïdes s'est dispersée dans l'espace ou a été captée par l'astre central.

Ce fait expliquerait même pourquoi les plus grands écarts affectent le premier et le troisième anneau.

Tableau des situations des satellites dans le système solaire.

Astres centraux	Distances relatives des satellites aux astres centraux													
Soleil		0.387		0.723	1.000	1.523			5.202	9.554		19.218		30.109
Mercure														
Vénus														
Terre									5.903					
Mars		0.277		0.695										
Jupiter		0.253		0 591	0.940	1.499		2.636			16.046 16.446			
Saturne	0.1482 0.1916 0.1962 0.2229	0.307 0.394	0.488	0.624	0.872		2.022	2.449 2.417	5.891			21.440	P	
Uranus				0.771	1.075	1.763	2.357							
Neptune						1 333								
	0.7589	1 618	0.488	3 404	3 888	6.118	4.379	7.502	16.996	9 954	32.492	40 658		30.109
Moyennes.........	0.189	0.323	0.488	0 680	0.971	1.529	2.189	2.501	5.665	9.554	16 246	20.239		30.109
Moyennes générales des intervalles...	0 162			0.500					5 018					

Ceci admis, nous allons évaluer pour chaque anneau, le rapport existant entre la densité moyenne des matériaux qui y sont actuellement condensés et la densité moyenne qui est obtenue en supposant ces matériaux répartis également dans les ellipsoïdes de révolution que nous venons de définir.

En faisant les calculs on aboutit aux résultats que nous avons réunis dans le tableau suivant :

	Premier anneau	Deuxième anneau	Troisième anneau
Densité moyenne d'une condensation	6,2	5,147	1,127
Masse moyenne d'une condensation	$111{,}549 \times 10^{24}$ kgs	$3{,}2699 \times 10^{24}$ kgs	$665{,}65 \times 10^{24}$ kgs
Demi-grand axe de l'ellipsoïde moyen	$149{,}5 \times 0{,}08 \times 10^6$ kgs	$149{,}5 \times 0{,}250 \times 10^6$ kgs	$149{,}5 \times 2{,}50 \times 10^6$ kgs
Volume de cet ellipsoïde moyen	$24{,}79 \times 10^{32}$ déc³	$72{,}8 \times 10^{33}$ déc³	$72{,}8 \times 10^{36}$ déc³
Densité moyenne dans l'ellipsoïde	$4{,}5 \times 10^{-11}$	$4{,}492 \times 10^{-11}$	$0{,}914 \times 10^{-11}$
Rapport des densités	$[3{,}72 \times 10^5]^2$	$[3{,}38 \times 10^5]^2$	$[3{,}51 \times 10^5]^2$

Dans ces conditions en effet, les densités primitives auraient été plus élevées que celles que nous avons calculées et le rapport des densités que nous venons d'évaluer serait plus faible et se rapprocherait davantage de $[3 \times 10^5]^2$.

Dans l'ensemble et malgré quelques écarts d'identité dans les valeurs que nous avons trouvées, écarts qui proviennent peut-être aussi de l'incertitude de quelques données ainsi que de modifications auxquelles nous faisons allusion qui se seraient produites depuis l'origine de la formation des systèmes matériels que nous avons comparés, il est évident que nous avons abouti à des résultats très comparables et que la vérification que nous avons tentée nous paraît réalisée.

Peut-être auraient-ils pû être établis en partant d'hypothèses et de points de vue différents. Néanmoins, nous devons reconnaître que c'est bien en partant de considérations émanant de la relativité que nous les avons trouvés et que ces déductions ne sont en somme que des corollaires particuliers dérivant d'un ensemble de conceptions générales sur les propriétés réciproques de l'espace, de la masse et de l'énergie.

Par ailleurs, il est à remarquer que les relations ci-dessus se rapportant aux planètes, donnent une valeur démonstrative et fondamentale à l'existence des anneaux, telle qu'elle est révélée par le tableau précédent.

Evidemment, ces résultats prêtent à l'étonnement et nous pouvons affirmer au lecteur que la première personne qui en a été surprise est l'auteur même de cet article, qui ne s'attendait certes pas à une approximation aussi frappante. Mais enfin, les chiffres sont ce qu'ils sont et leurs relations non le fruit d'un hasard intuitif, mais bien le fait d'une déduction serrée consécutive à l'application des principes qui nous ont servi de point de départ.

Tout d'abord, ils donnent une réelle valeur à l'hypothèse qui a été formulée, que la vitesse de la lumière doit être considérée comme devant être exprimée par une valeur constante ayant dans l'Univers un caractère absolu. Dans la répartition et dans l'organisation de la matière sur un espace donné le carré de cette vitesse, qui n'est autre que le carré de la vitesse de propagation de l'énergie à travers l'espace, jouerait ainsi un rôle de première importance.

Bien mieux encore, revenant à une observation faite au début de cette étude, le carré de la vitesse de la lumière ou plutôt une fonction de ce carré, pourrait être considérée non seulement comme le facteur essentiel présidant à l'organisation des systèmes physiques tels que nous les avons envisagés, mais encore et surtout comme se confondant avec l'élément primitif de la matière, qui ne serait que de l'énergie lumineuse condensée.

A la base de toutes les transformations qui ont abouti à la constitution et à l'organisation des systèmes matériels que nous avons envisagés, présentant un caractère fondamental de permanence et de stabilité, on se trouve donc en présence de faits donnant lieu de penser qu'ils sont dominés par les mêmes causes et que seules les échelles des grandeurs diffèrent.

De plus, il est à remarquer qu'en allant du simple au complexe, ou plutôt du plus petit au plus grand des systèmes, car on ne saurait dire qu'il y vraiment simplicité, la filiation n'est pas continue. C'est-à-dire qu'il n'existe pas un nombre indéfini d'états intermédiaires variant d'une façon continue, mais qu'au contraire, des types définis d'états stables répondant aux nécessités d'une évolution matérielle équilibrée se sont constitués en affectant des dimensions et des formes en rapport avec la grandeur et la région de l'espace où ils ont pris naissance. Il en résulte que ces groupements quelle que soit leur situation de repos ou de déplacements, ne doivent plus être envisagés uniquement dans leurs dimensions matérielles habituelles, mais bien encore dans leurs dimensions spatiales qui représentent le domaine de leur vie propre et leur champ d'évolution.

Ainsi l'espace et la matière, considérés du point de vue spécial où nous nous sommes placé, et mettant de côté les transformations et la diversité des apparences que l'évolution continue des choses a créé, apparaissent bien sous une dépendance absolue et réciproque, à tel point qu'on est en droit de se demander si c'est l'espace qui a conditionné la matière ou si c'est la matière qui a engendré l'espace. Ne serait-ce pas une façon de formuler que ces deux termes ne sont que l'expression d'une seule et même dose?

Il est encore à remarquer que les raisonnements qui ont été faits et les résultats obtenus sont absolument indépendants de la constitution même des éléments et des systèmes dont il a été question. De même il n'a été fait aucune allusion ni aux charges électriques ni aux phénomènes électromagnétiques. Il ne s'est agi tout simplement que de répartition de quantités de matière pouvant s'organiser en systèmes en quelque sorte autonomes dans un espace donné.

Evidemment ces organisations ne sont pas dues au hasard. C'est une question d'équilibre qui est en jeu et qui limite à la fois le nombre des combinaisons pouvant satisfaire à cet équilibre et la

forme que doivent affecter les groupements qui les composent.

Egalement, le comment et la cause de ces organisations, les conditions et les moments où elles ont pris naissance, les hypothèses qu'il est possible d'émettre pour les expliquer ont été laissés délibérément de côté.

Quoi qu'il en soit, les relations que nous avons trouvées n'en subsistent pas moins; elles sont l'expression des faits et si elles possèdent vraiment le caractère de généralité qu'elles semblent avoir, nous nous demandons s'il n'est pas possible d'extrapoler ces résultats en deçà et au delà des systèmes matériels que nous avons considérés.

En d'autres termes, nous appuyant sur le fait que dans ces systèmes les densités moyennes prises dans des conditions données sont entre elles dans un rapport donné, pouvons-nous prévoir en deçà de l'électron, une ou plusieurs unités porteuses d'énergie, de masse plus élémentaire et en déterminer leurs dimensions et leur rayon d'action. Par delà le système solaire, auquel nous nous sommes arrêté, peut-on également prévoir les dimensions et l'étendue de zones plus vastes occupées par le champ des étoiles et des nébuleuses, c'est-à-dire peut-on fixer une limite à l'espace et peut-on exprimer ses dimensions par un nombre?

Telles sont les questions que cette étude semble pouvoir permettre d'envisager.

L. Demozay.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Cartan (Elie). — **La théorie des groupes finis et continus et la géometrie différentielle traitées par la méthode du repère mobile.** — *Fascicule* XVIII *des Cahiers Scientifiques publiés sous la direction de* G. Julia. — 1 *vol. de* 270 *p. Paris,* 1937. *Gauthier-Villars, édit.*

Dans ce volume qui reproduit en le complétant le cours qu'il a professé à la Sorbonne en 1931-1932, M. Cartan étudie simultanément les théorèmes fondamentaux de la théorie des groupes finis et continus de Lie et les principes de la méthode du repère mobile en géométrie différentielle. La liaison entre ces deux disciplines mathématiques apparaît lorsqu'on remarque avec M. E. Cartan que les équations de Darboux auxquelles obéit le mouvement à plusieurs paramètres d'un trièdre trirectangle mobile sont les équations de structure du groupe des déplacements euclidiens dans la théorie des groupes continus de Lie. Les équations de Darboux contiennent par suite en elles toute la géométrie différentielle euclidienne. En passant de la géométrie élémentaire à la géométrie fondée sur un groupe quelconque, les équations de Darboux sont remplacées par les équations de Maurer qui sont à la base de la géométrie différentielle fondée sur le groupe. Cette remarque est à la base du plan suivi dans cet ouvrage par M. Cartan. La première partie expose la méthode du trièdre mobile en géométrie euclidienne, la seconde introduit les repères attachés à un groupe quelconque, les premières notions de la théorie des groupes finis et continus et les principes de la méthode du repère mobile tandis que la troisième partie traite principalement des équations de structure de Maurer-Cartan.

Dans la première partie consacrée à l'étude de la méthode du repère mobile en géométrie euclidienne, l'étude des composantes du déplacement d'un repère trirectangle mobile dépendant de plusieurs paramètres et de leurs conditions de structure est appliquée à la théorie des courbes gauches, problèmes de contact et d'égalité. Mais la théorie du trièdre de Frenet perdant toute signification pour les courbes minima, celles-ci échappent à la théorie générale. Pour les étudier, M. Cartan introduit les trièdres cycliques et expose à partir de ces trièdres la théorie des courbes minima. La méthode du trièdre mobile est ensuite appliquée à l'étude des surfaces réglées réelles et des surfaces réglées isotropes.

Dans la seconde partie, après avoir défini les groupes de transformation et le repère mobile d'une famille de transformation puis d'un groupe, l'étude du déplacement infinitésimal de ce repère mobile conduit à des théorèmes de structure qui permettent d'établir le premier théorème fondamental de Sophus Lie sur la théorie des groupes. Ces éléments permettent d'étudier les groupes semblables, les groupes isomorphes à un groupe donné, les groupes transitifs et intransitifs. On cherche ensuite les équations aux dérivées partielles caractérisant les opérations d'un groupe donné, fini et continu, et la représentation des groupes réalisant un groupe abstrait donné.

Dans la troisième partie consacrée à l'étude des constantes de structure des groupes finis et continus, après avoir rappelé les équations de Darboux, on établit les équations de structure de M. E. Cartan et le second théorème fondamental de la théorie des groupes. Les équations de structure sont ensuite appliquées à la détermination de groupes et de sous-groupes. Revenant ensuite à la géométrie différentielle, on applique la méthode du repère mobile aux

problèmes dont les données sont les constantes de structure d'un groupe fondamental. La définition de la dérivation extérieure d'une forme différentielle bilinéaire conduit au troisième théorème de Lie dont la réciproque est ensuite démontrée après avoir étudié les équations de structure, les deux théorèmes fondamentaux de Lie et défini les groupes adjoints.

G. P.

***

Levi (Beppo). — **Analisi Matematica Algebrica ed Infinitesimale,** 1 *vol. de* 541 *p. Bologne* XV, 1937, *Nicola Zanichelli, éditeur.*

L'analyse infinitésimale (en italien) de M. B. Levi constitue un traité d'analyse mathématique exposant sensiblement les matières figurant actuellement aux programmes d'analyse des cours de mathématiques spéciales et de mathématiques générales. Néanmoins, il s'agit ici d'un cours d'enseignement supérieur et les questions traitées y sont examinées d'un point de vue nettement plus élevé que dans les traités français relatifs à ces programmes. Ce niveau général du livre permet de juxtaposer à côté d'un examen approfondi des théories modernes de l'analyse, l'étude de nombreuses questions dont la connaissance se révèle souvent indispensable à ceux, ingénieurs ou physiciens, qui sont amenés, de par leurs travaux, à résoudre les problèmes posés par la physique mathématique moderne. De nombreux exemples illustrent les théories exposées et rompent l'aridité que peut présenter un traité purement didactique sur l'algèbre et l'analyse.

Parmi les questions exposées en quinze chapitres, citons plus particulièrement : au chapitre premier, la résolution de l'équation du quatrième degré et les observations sur la notion de nombre et ses généralisations; au chapitre 2, l'exposé sur le calcul des matrices; au chapitre 3, le calcul des quaternions; au chapitre 10, la démonstration du théorème de d'Alembert, la résolution des équations binomes et des équations cubiques; au chapitre 11, les théories des intégrales de Riemann et de Lebesgue, la théorie de l'intégrale de Stieltjes; et enfin, trois notes : la première, sur la notation différentielle, la seconde, sur la notion d'intégrale, et la troisième, sur la résolution des systèmes d'équations.

G. P.

2° Sciences physiques et chimiques.

Counson (L.), Professeur à la Faculté des sciences de Liége. — **Univers isomorphes et constantes physiques.** — 1 *vol. in-8° de* 41 *p.* — *Editions F. D. K.*, 17, *rue Sainte-Véronique, Liége.*

L'auteur consacre un exposé très dense de Physique théorique à la structure du domaine de l'espace de configuration qui s'introduit par l'intégration de l'équation de Schrödinger. Il montre que les constantes de la physique sont les logarithmes naturels des composantes caractéristiques de l'ensemble spatial pris comme unité; elles s'appliquent aussi bien à la structure des espaces abstraits, comme l'auteur l'établit à propos du problème de Monge, et méritent dès lors l'appellation générale de constantes universelles. L'auteur envisage successivement l'isomorphisme des éléments d'univers et le principe de complémentarité, la relation d'invariance entre les unités nucléaires et les unités spatiales, la stabilité des ensembles, les signes d'un ensemble et le sens des phénomènes. Il est amené à fournir de l'électron, du proton, du noyau des atomes, du magnétisme, etc., d'intéressantes interprétations théoriques susceptibles d'être le point de départ de nouveaux développements.

A. B.

Yost (W.). — **Diffusion und chemische Reaktion in fasten Stoffen (Diffusion et réaction chimique dans les solides).** — 1 *vol. in-12,* 230 *p.*, 60 *fig. St inkopff, édit., Dresde et Leipzig (Prix, broché :* 20 *r. m.).*

Cet ouvrage constitue le second volume de la Collection « Die chemische Reaktion », publiée sous la direction de Bonhœffer et Mark. C'est évidemment, comme le reconnaît l'auteur lui-même, une tâche bien hardie d'exposer sous forme quantitative la théorie de phénomènes aussi complexes que ceux de la diffusion des gaz dans les solides et de la diffusion mutuelle des solides entre eux. D'une part le matériel expérimental susceptible de servir de base à la théorie est encore très incomplet, d'autre part, la théorie, même sous la forme idéalisée que lui ont donnée les savants qui se sont occupés de la diffusion reste trop compliquée pour être immédiatement susceptible d'application. M. Jost a essayé de triompher de ce double obstacle et on peut dire qu'il y a partiellement réussi. L'exposé synthétique qu'il donne des travaux de Wagner et Schottky sera très apprécié de ceux qui veulent pénétrer le mécanisme de la diffusion cristalline. Les tables de diffusion de Stefan-Kowalski qui sont reproduites à la fin de l'ouvrage présentent une utilité certaine pour les calculs pratiques. Le corps de l'ouvrage, malgré son caractère très spécialisé, contient des renseignements très instructifs sur le rôle joué par les imperfections du réseau cristallin, sur les phénomènes de diffusion dans les métaux, sur les attaques superficielles. Diverses réactions à l'état solide (corps pulvérulents, sels doubles, etc.) sont étudiées d'une façon suggestive qui peut apporter au chimiste des enseignements intéressants.

Léon Bloch.

Kenneth. C. Bailey. — **The Retardation of Chemical Reactions** (Retard aux réactions chimiques). — 1 *vol. de* 480 *p. Edward Arnold et Cie. Londres,* 1937 *(Prix. relié :* 26 *sh.).*

Ce bel ouvrage dû à l'éminent professeur de l'Université de Dublin, représente un travail extrêmement complet de documentation et de mise au point. L'objet poursuivi est la description d'un grand nombre de réactions chimiques qu'il est possible d'empêcher, ou de retarder par l'emploi d'artifices

appropriés. Parmi ces réactions, il y en a beaucoup qui présentent un important intérêt théorique (oxydation du phosphore, réaction entre l'oxygène et l'hydrogène, réactions en chaîne, etc.), il y en a un plus grand nombre encore qui sont à l'ordre du jour des applications pratiques de la chimie (antioxygènes, antidétonants, ignifuges, protecteurs contre la corrosion, etc.). C'est dire que l'ensemble des problèmes traités par M. Bailey se présente nécessairement sous la forme d'une compilation, parfois un peu décousue mais où le lecteur se retrouve très aisément et obtient très rapidement les renseignements qu'il cherche. Les oxydations en phase gazeuse et en phases liquide sont traités dans une succession de chapitres qui seront immédiatement utilisables par le chimiste industriel (oxydation des hydrocarbures, des huiles, des graisses, éthérification, saponification, hydrolyse). Les réactions retardées en milieu solide sont illustrées par l'étude de la protection du caoutchouc, par celle de la stabilisation des plâtres et ciments. Un grand nombre d'autres réactions retardées en présence des halogènes ou de l'acide sulfurique, sont décrites avec tous les détails voulus pour permettre de comprendre le mécanisme des phénomènes. Une bibliographie très complète, comportant plus de 100 références pour la seule année 1936, montre la conscience avec laquelle l'auteur a voulu justifier tout ce qu'il énonce. L'index des auteurs et des matières est fait avec un soin minutieux qui permet de faire très rapidement les recherches. En somme cet ouvrage est appelé à rendre de très grands services à la fois au chimiste de Laboratoire et au chimiste industriel, qui y trouveront un guide très sûr à travers un domaine encore peu exploré de la science nouvelle.

Léon Bloch.

3° Sciences naturelles.

Blanchard (Raoul), *Correspondant de l'Institut, Professeur à l'Université Harvard et à l'Université de Grenoble.* — **Géographie de l'Europe.** — *1 vol. grand in-8° avec 17 planches hors texte et 36 figures (Prix : 50 fr.).*

La *Géographie de l'Europe* est divisée en trois parties : la première met en place les facteurs physiques et humains de la *Géographie de l'Europe*; la deuxième, qui est de beaucoup la plus longue, examine les différents pays européens rangés par Etats, puisque cette forme d'Etat exerce elle-même une influence considérable sur les phénomènes géographiques; la troisième partie comprend les traits humains et économiques de l'Europe entière, peuplement, ressources variées, expansion de l'Europe sur les autres continents, et se termine par un examen des forces d'union et des forces de désunion à travers le continent.

R. P.

Braak (Dr C.). — **Het Klimat von Nederland.**

L'Institut météorologique hollandais continue à publier d'intéressants mémoires sur le climat des Pays-Bas.

Les numéros 39 et 40 des *Mededeelingen en Verhandelingen* sont consacrés à des études du Dr C. Braak sur l'évaporation, l'insolation et la nébulosité en Hollande.

L'évaporation à De Bilt est en moyenne de 1.010,7 mm. par an, avec maximum en juillet (160,7 mm.) et minimum en décembre (20,3 mm.). Elle varie d'une année à l'autre dans des proportions assez importantes : depuis 1897, date à laquelle ont commencé des observations continues, elle a varié de 1.102 mm. en 1905 à 703 mm. en 1927.

Les stations hollandaises enregistrent en moyenne 1.600 heures de soleil par an, avec maximum en mai, minimum en décembre.

Quant à la nébulosité, elle est comprise entre 6 et 7, avec maximum en décembre et minimum en mai. De Bilt a, en moyenne par an, 30 jours clairs (nébulosité inférieure à 2), et 126 jours couverts (nébulosité supérieure à 8).

J. R.

4° Sciences médicales.

Binet (Léon) et **Weller** (Georges). — **Le Glutathion.** *Edit. Hermann.*

Le glutathion, glutamyl-cystyl-glycine est doué de propriétés oxydo-réductrice remarquables.

L'organisme maintient avec force le taux de glutathion dans chacun de ses organes.

Il faut recourir à des méthodes expérimentales brutales ou prolongées (Inanition, Asphyxie, Extirpation du Pancréas) pour arriver à modifier la teneur d'un tissu en glutathion.

Les auteurs à l'aide d'une méthode précise mettent au point nos connaissances sur cette importante question.

R. P.

Lumière (Auguste). — **Les horizons de la Médecine.** — *Editeur Albin Michel.*

L'auteur montre que maintes manifestations vitales, devraient être rapportées à la nature colloïdale des tissus et des humeurs. La floculation d'éléments colloïdaux détermine la maladie, la vieillesse et la mort.

Auguste Lumière résume ses beaux travaux sur le Traitement de l'Asthme. Il rappelle l'importance du terrain tuberculeux dans l'éclosion de certaines maladies. A souligner l'importance des alternances morbides dans l'évolution d'un tempérament morbide.

René Porak.

5° Art de l'Ingénieur.

Bazannery. — **Guide du confort dans l'habitation** *(chez l'auteur, 9, rue Saint-Romain, Paris, 7e).*

Euriat. — **Aide-mémoire du Chauffage** *(chez l'auteur, 129, rue Caulaincourt, Paris).*

Brillouin. — **L'acoustique et la construction** *(Librairie Dunod).*

Gavronsky, Kahan et **Blumenthal.** — **La maison insonore** *(Librairie Dunod).*

Les techniques de la construction actuelle sont nettement orientées vers la recherche du maximum

de confort dans l'habitation, et il faut voir dans ce fait une tendance évidente vers l'amélioration des conditions de la vie moderne.

Parmi les ouvrages récemment parus qui s'inspirent de cette préoccupation, on peut citer :

Le *Guide du Confort*, de M. *Bazannery*, qui analyse pour les usagers divers matériels et procédés nouveaux pour la réalisation de l'éclairage, du conditionnement de l'air des locaux, de l'hygiène, de la sécurité, de la conservation des aliments, des moyens de communication et d'information, de la décoration du « home » et des loisirs;

L'*Aide-Mémoire du Chauffage*, de M. *Euriat*, destiné plutôt aux spécialistes et qui fournit à ceux-ci une documentation complète et pratique sur les moyens de calculer et de réaliser aux meilleurs prix les installations de chauffage et de ventilation des locaux de toute nature;

L'*Acoustique et la Construction*, de M. *Brillouin*, et la *Maison insonore* de MM. *Gavronsky*, *Kahan* et *Blumenthal*, également destinés aux constructeurs spécialistes, qui s'attaquent tous deux au double problème de la lutte contre le bruit et de la réalisation d'une audition impeccable dans les locaux publics ou les appartements privés.

Ces divers livres, en analysant les divers éléments du confort et en établissant les règles qui permettent de l'obtenir, sont appelés à rendre à tous ceux qui se préoccupent de ces questions les services les plus appréciables.

Ils atteindront d'autant mieux le but qu'ils se proposent que leur forme claire et pratique, dépouillée de formules mathématiques abstraites, en rend la lecture facile et attrayante.

Emile Fabrègue.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 17 Octobre 1938.

Sciences naturelles (*suite*). — MM. **Marcel Paget** et **Raoul Berger** : *Recherches sur l'allantoïnurie humaine.* Les concentrations allantoïnuriques sont très variables, aussi bien chez les individus normaux que chez les malades; il n'y a aucun rapport entre l'âge du sujet et son pouvoir de concentration allantoïnique. L'élimination *pro die* est très variable d'un sujet à l'autre; elle suit en général l'allure de celle de l'urée et de façon plus irrégulière, celle de l'acide urique. La diurèse a une influence très sensible sur l'élimination du gluoxyldiurée. — L'étude de l'épreuve d'élimination après ingestion *per os* de 250 mgr. d'allantoïne pure, permet d'invoquer l'existence *in vivo* d'une allantoïnase, normalement peu active, et d'une allantoïcase affaiblie. Deux facteurs seraient susceptibles d'accroître le faible pouvoir uricolytique de l'organisme humain: la rétention urique et la polyurie. MM. **Yves Raoul** et **Paul Meunier** : *Sur la trans-*Δ^{56}*-déhydro-désoxo-androstérone.* — M. **Jean Courtois** : *Action synthétisante de la phosphatase rénale.* — MM. **Michel Poklonovski** et **Pierre Desgrez** : *Propriétés réductrices d'une forme tautomère de la génésérine; un exemple de réaction en chaîne.* — MM **Constantin Levaditi**; **Robert Fasquelle**, **Robert Béquignon** et **Louis Reinié** : *Influence des sélecteurs sur le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien.* Le potentiel encéphalitogène du vaccin jennérien dermotrope varie en fonction : 1° de la souche et, dans certains cas, même de la récolte, 2° du sélecteur utilisé (encéphale de lapin). Ce sélecteur subit des influences saisonnières et, surtout, des effets immunogènes dus à des infections vaccinales spontanées (Rabbit-Pox). Ces deux facteurs réunis expliquent les variations du potentiel encéphalitogène (encéphalite neurovaccinale) du virus de la vaccine épithéliotrope. — M. **Etienne Burnet** : *Inoculation positive de la lèpre humaine au hamster.* Ayant inséré un mince fragment de léprome, prélevé sur une lèpre cutanée en phase active, entre peau et muscle à des hamsters, et sacrifié ces animaux le 220e jour, l'auteur a constaté, d'une manière indubitable, le développement de la lèpre chez l'un d'eux. Parmi un nombre respectable de rats blancs, spermophiles, mérions et hamsters inoculés de diverses manières, c'est le premier résultat positif obtenu. Le hamster est donc réceptif pour la lèpre humaine. C'est un premier pas décisif dans la reproduction expérimentale de la lèpre chez un animal de laboratoire.

Séance du 24 Octobre 1938.

M. le Président annonce le décès de M. **P. Helbronner**, membre libre.

1° Sciences mathématiques. — **W. Dœblin** : *Sur l'équation de Kolmogoroff.* — **G. Tzitzeica** : *Sur certaines déformations d'ordre supérieur.* — **G. Polya** : *Indétermination d'un problème voisin du problème des moments.* — **S. Bergmann** et **M. Schiffer** : *Familles bornées de fonctions de deux variables complexes dans des domaines avec une surface remarquable.* — **D. Riabouchinsky** : *Sur l'analogie supersonique du champ électromagnétique.* — **O. Sing-Mo** : *Sur un théorème de Lord Rayleigh.* — **L. Reingold** : *Etude énergétique de la combustion à volume constant. Combustion fictive. Combustion réelle.* — **G. Roux** : *Mesures de l'intensité de la pesanteur au Maroc.*

2° Sciences physiques. — **L. Roy** : *Analogie entre les actions exercées sur les courants et les actions magnétiques.* — **Th. de Donder** et **J. Géhéniau** : *Les tensions internes et la dynamique de l'électron rayonnant.* Les auteurs montrent comment les tensions internes de l'élec-

on doivent être définies pour en déduire, d'une manière simple et naturelle, les lois de la dynamique de l'électron rayonnant obtenues récemment par Dirac. — **P. Barchewitz** et **G. Costeanu** : *Spectres d'absorption dans le très proche infrarouge* (6000-10.000 Å) *des sels d'ammonium.* La bande due au groupement NH^4 dans cette région correspond à la raie 3200 cm^{-1}. Elle est par nature très faible, et disparaît rapidement quand la concentration du sel dans l'eau diminue. Ceci ne semble pas se produire pour les solutions dans SO^2 liquide. — **B. Kwal** : *Les effets de comptage dans les tubes à électrodes planes et parallèles.* Les tubes à électrodes planes et parallèles ne peuvent fonctionner en compteurs d'une manière convenable que si les bords des électrodes présentent des arêtes vives, et c'est au voisinage des bords que se trouve concentrée la zone sensible de tels compteurs. — **G. Brooks** : *Relation entre la fluorescence et la constitution chimique du laccol, du moréacol et de leurs dérivés.* La fluorescence de ces polyphénols est intimement liée aux doubles liaisons de la chaîne latérale en C^{16}. — Mme **M. Freymann**, **R. Freymann** et **Y. Ta** : *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge et spectres Raman de sels d'ammonium.* Pour les sels d'Am à l'état cristallisé, fondu ou en solution concentrée, on observe, avec leurs harmoniques, les fréquences ν (NH)⁺, déplacées vers les basses fréquences par rapport à ν (NH) de l'ammoniaque. Pour les solutions aqueuses diluées de ces sels, les fréquences caractéristiques de NH^4 disparaissent. — **A. Lassieur** : *Appareil pour le microdosage du carbone dans les produits sidérurgiques.* — **Chekin Lin** : *Structure et absorption de l'acide benzoylbenzoïque et ses dérivés.* — **R. Duschinsky** : *Pouvoir rotatoire de la citrulline. Synthèse du produit optiquement actif.* La citrulline, isolée de la pastèque, est dextrogyre. La *l* (+) ornithine, traitée par Cu O et l'urée, a fourni la citrulline active avec un rendement de 65 %. — **J. Cabannes** : *L'eau de cristallisation du gypse.* Par l'étude de l'effet Raman, on retrouve dans le gypse les oscillations de valence de la molécule H^2O sans les complications de l'eau liquide. La diminution de 250 cm^{-1} observée dans le gypse est due à l'action des ions O et Ca auxquels est liée la molécule. — **J. Fejfer** et **M. Jahoda** : *Le spectromètre à cristal double avec enregistrement photographique et la mesure de l'imperfection des cristaux.*

3° Sciences naturelles. — M. **Maurice Lugeon** : *Sur des observations géologiques en Anatolie.* — MM. **Jean-Paul** et **Pierre Destombes** : *Remarques sur l'Albien du Pays de Bray.* — M. **Pierre Lesage** : *Suite des recherches sur l'hérédité du caractère physiologique acquis : la précocité.* Après 9 générations sous châssis, un *Lepidium sativum* s'est montré, en plein air, précoce par rapport au *Lepidium* toujours en plein air et cela jusqu'à la 17ᵉ génération, en 1938. D'autre part, après 3 générations à Alger les graines de *Lepidium* semées à Rennes ont donné des plantes qui ont commencé à se montrer précoces par rapport à celles qui ont toujours vécu à Rennes et actuellement la précocité s'est conservée jusqu'à la 9ᵉ génération. Des résultats analogues, quoiqu'un peu moins nets, ont été obtenus par la culture du Pois nain. — Mme **Véra Kovarsky** : *Faut-il rééduquer les gauchers?* L'auteur s'élève avec force contre toute tentative de rééducation des gauchers. En effet l'interdiction faite à un enfant gaucher de se servir de la main gauche (et du pied gauche dans ses jeux) et l'obligation de se servir de la main droite (et du pied droit) provoquent toujours chez lui des troubles fonctionnels isolés ou associés : intellectuels, caractériels, affectifs, psychomoteurs, phonateurs et en font le plus souvent un inadapté scolaire. Les enfants qui bégaient sont presque tous des gauchers contrariés. En laissant un gaucher contrarié se servir librement de la main gauche (et du pied gauche) on pourra faire disparaître, ou tout au moins atténuer la plupart de ces troubles. L'éducation bimanuelle est nuisible au développement général et ne produit que des maladroits. L'ambidextrie n'existe pas. — La gaucherie est une disposition congénitale à caractère héréditaire. — MM. **Henri Bulliard**, **Israël Grundland** et **André Moussa** : *Détection du phosphore des phosphatides surrénaliens par le radio-phosphore.* — M. **Ernest Kahane** et Mlle **Jeanne Lévy** : *La choline hydrosoluble des Invertébrés. Etude de la Patelle.* Certains Invertébrés (Etoile de mer, Oursins, Etrille, Maïa), ne contiennent que des traces imperceptibles de choline hydrosoluble, alors que d'autres (Anémones de mer, Eponges Siponcle, Spirographe, Pagure) en contiennent, comme les Mammifères 20 à 50 γ par gramme. Enfin, un Gastéropode très commun, la Patelle, possède une teneur en choline hydrosoluble comparable à celle du sperme ou des vésicules séminales de l'Homme et des Mammifères 0,5 à 2,5 mgr. par gramme. La majeure partie de cette substance est localisée dans le pied de la Patelle, dans lequel elle paraît uniformément répartie. C'est donc là un matériel de choix. Les autres Mollusques ne présentent, à cet égard, aucune analogie avec la Patelle. — M. **Stefan Nicolau** : *Données sur la morphologie du virus de la fièvre jaune et sur la morphogenèse des inclusions qu'il provoque dans les tissus.* L'inframicrobe de la fièvre jaune a été mis en évidence, dans le cerveau de la Souris et du Cobaye, sous la forme de petits cocci Ces germes sont agglutinés dans les cellules, ils y dégénèrent, se soudent ensemble et forment ainsi des inclusions caractéristiques au sein des éléments parasités.

Séance du 2 Novembre 1938.

Sciences naturelles — MM. **Jean Jung**, **René Pécoil** et **Justin Richard** : *Stratigraphie et faciès du Stampien de la Limagne centrale.* — MM. **Camille Arambourg** et **Justin Fromaget** : *Le gisement quaternaire de Tam Nang (Chaîne Annamitique septentrionale). Sa stratigraphie et ses faunes.* — MM. **Raymond Jacquot** et **Roger Raveux** : *Influence de la concentration alimentaire sur le développement de plantules isolées, cultivées à l'obscurité.* Le poids sec de la récolte croît avec la concentration du glucose ; en même temps, sa teneur en eau baisse régulièrement. D'autre part, à certaines concentrations variables selon l'espèce (Arachide et Haricot) le glucose provoque une dysharmonie de croissance au détriment de la tige hypocotylée. La régulation du développement en est profondément troublée et cette perturbation se traduit par un épaississement de l'axe, qui remplace l'élongation habituelle de la plante normale. — MM. **Maurice-Marie Janot** et **Emile**

Cionga : *Sur le catuabol retiré des écorces de catuabach* (Trichilia spec.). L'écorce de Catuaba renferme, entre autres produits, une substance fusible à 115-116°, non étudiée, et un alcool le *catuabol*, P. F. 200-201° de formule $C^{25}H^{40}O$, et dont les esters formique, acétique, benzoïque ont été préparés. La teneur en C et H du catuabol le classerait dans les sesquiditerpènes. Les isomères sont l'euphostérol, retiré de *Euphorbia pilulifera* et l'homotaraxastérol des racines de *Taraxacum officinale*, sans oublier les fungistérols de formule encore discutées. — MM. **Marcel Paget** et **Raoul Berger** : *Recherches sur la réaction de Schryver-Fosse et sur ses applications analytiques*. Les auteurs apportent quelques nouveaux exemples d'applications analytiques de cette réaction colorée. Elle a permis de caractériser et de faire le microdosage de l'ion oxalique : d'identifier l'acide ascorbique (dans des sucs très dilués de divers fruits et baies par exemple) ; d'identifier un nouveau type d'oxydation de l'acide tartrique ; enfin de mettre en évidence la labilité de l'acide urique en solution alcaline. — M. **Augustin Boutaric** : *Etude des solutions colloïdales par des mesures combinées de viscosité et de densité optique*. — M. **Maurice Doladilhe** : *Recherches sur la coagulation irrétractile*. On sait qu'un anticoagulant comme le chlorure de sodium, mélangé au sang à de faibles concentrations, provoque la formation d'un caillot irrétractile. Le gel plasmatique ainsi formé, desséché dans le vide, est en partie insoluble dans l'eau distillée ou dans l'eau physiologique. La coagulation irrétractile insolubilise beaucoup plus de protéines plasmatiques que la coagulation rétractile ; pourtant une simple immersion dans l'eau physiologique permet d'extraire de ce gel la presque totalité de son alexine : que la coagulation irrétractile a donc laissée libre. On comprend le rôle important qu'est appelé à jouer en immunologie un phénomène de coagulation qui affecte une partie notable de l'édifice protéique sans amoindrir beaucoup une propriété immunologique aussi sensible que l'alexine. — M. **Pierre Grabar** : *Sur l'action de la pepsine sur les anticorps antipneumococciques*. Dans des solutions d'anticorps ayant subi plus ou moins longtemps la digestion pepsique on a analysé l'azote protéidique total (par précipitation trichloracétique) et l'azote des anticorps. On voit que pour une disparition d'environ un quart des substances précipitables par l'acide trichloracétique, la moitié, environ, des anticorps a été détruite. De plus les précipités obtenus avec la préparation ayant subi l'action de la pepsine contiennent, pour une quantité déterminée de polysaccharide, presque deux fois moins d'azote que ceux obtenus avec la solution initiale. Les anticorps sont donc nettement modifiés sous l'action de la pepsine. — MM. **Louis Parrot** et **Antoine Catanei** : *Sur les facteurs d'apparition des épidémies de paludisme en Algérie*. L'étude porte sur une population algérienne profondément impaludée, dépourvue de soins médicaux et momentanément soustraite aux contaminations et réinoculations palustres par suite de circonstances accidentelles. Les faits observés montrent que la résistance de l'organisme infecté à la pullulation endogène des parasites et aux réinoculations exogènes s'établit généralement aux environs de la dixième année d'âge ; elle est moins précoce et persiste moins longtemps à l'égard de *Plasmodium praecox* de la tierce maligne qu'à l'égard de *P. malariae* de la quarte et de *P. vivax* de la tierce bénigne. D'autre part les infectés anciens de tierce bénigne et de quarte constituent en Algérie un réservoir de virus paludéen bien plus favorable au maintien d'un état d'endémie, même avec un anophélisme restreint, que les infectés anciens de tierce maligne.

Séance du 7 Novembre 1938.

Sciences naturelles. — M. **Henri Marcelet** : *Présence de glycérol libre et combiné dans le suc aqueux de l'olive mûre*. — M. **René Souèges** : *Embryogénie de Boragacées. Développement de l'embryon chez l'Echium vulgare L.* L'embryon de l'*Echium vulgare* se rapproche de celui des Solanacées par la tétrade, les formes octocellulaires, les destinées de certains éléments et par le mode de séparation des initiales de l'écorce de la racine. Il se rapproche aussi de celui du *Myosotis hispida* par la tétrade et les processus de division d'un des éléments. — M. **Paul Chabanaud** : *Rectification sur un point spécial concernant la morphologie de la musculature hypopharyngienne des Achiridés*. Dans cette famille de Téléostéens dissymétriques le muscle protracteur des hypopharyngiens ne s'insère pas sur le premier basibranchial mais bien sur le glosohyal. Le *protractor hypopharyngealis ossis* des *Achiridae* apparaît donc sans rapport avec les arcs branchiaux. En conséquence le groupe pharyngo-basibranchien n'existe pas, et, contrairement aux précédentes conclusions de l'auteur, la famille des *Achiridae* fait preuve d'affinités morphologiques plus étroites envers les autres Soléiformes (Soleidae et Cynogloosinae) qu'envers les Pleuronectiformes. — MM. **Georges Sandulesco** et **André Girard** : *Sur une nouvelle méthode de séparation quantitative des composés alcooliques*.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Ed., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 12-38.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLIX DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 31 DÉCEMBRE 1938)

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

II. — ARTICLES ORIGINAUX

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

Mécanique générale et appliquée.

Astronomie et Géodésie.

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique.

Chimie.

3o SCIENCES NATURELLES

Biologie générale.

Botanique et Agronomie.

Géographie.

Géologie et Paléontologie.

Météorologie et Physique du Globe.

Zoologie.

Anthropologie et Ethnographie.

Anatomie et Physiologie.

Psychologie.

4o SCIENCES MÉDICALES

5o SCIENCES DIVERSES

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

Académie des Sciences de Paris.

Société de Biologie.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XLIX DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

1. Les chiffres en **caractères gras** reportent aux articles originaux.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

1. Les chiffres en caractères gras reportent aux articles originaux.